

Opções de Projeto – Custos de Execução, Manutenção e Reparação

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em
Construção Urbana

Autor

Jorge Fernando Araújo Costa

Orientador

Eng.º Nuno Miguel Curto Malaquias

Eng.º Rui Manuel dos Santos Ferreira

**Instituto Politécnica de Coimbra
Instituto Superior de Engenharia de Coimbra**

Coimbra, Março, 2016

AGRADECIMENTOS

Com a conclusão e apresentação desta tese, encerro um longo percurso que tinha vindo a percorrer ao longo dos últimos anos, iniciando assim uma nova etapa. Chegar a este ponto, representa uma vitória, não a apenas minha, mas também de todos os que tiveram do meu lado durante estes anos.

Agradeço em primeiro lugar aos meus pais, ao meu irmão, e à minha esposa, cujo apoio foi fundamental para permitir que tudo isto se concretizasse.

Um agradecimento especial aos meus amigos Germano Ribeiro, Hugo Alves, João Mendes, José Gomes, Alexandre Jorge, Gil Fernandes, a força e o apoio que todos eles me prestaram, foi essencial para o êxito desta “empreitada”, a todos eles, o meu muito obrigado.

Por fim, gostaria ainda de agradecer a disponibilidade e apoio prestado pelo meu orientador de tese, o Eng. Nuno Malaquias, assim como ao meu Coorientador, o Eng. Rui Ferreira pelas correcções e esclarecimentos prestados, que sem dúvida contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

Actualmente no mundo da construção, existe uma enorme variedade de materiais e de soluções construtivas disponíveis para aplicação nos diversos elementos das edificações (caves, fachadas e coberturas), no entanto, estes materiais/soluções construtivas, são muitas vezes analisadas e apresentadas em termos de características técnicas, sendo deixado de lado a questão da rentabilidade ou não da sua aplicação a longo prazo. Face a este factor, julgou-se necessário efectuar um estudo que permitisse avaliar, até que ponto uma poupança inicial conseguida através da aplicação de uma solução construtiva menos dispendiosa, e com piores características técnicas, se tornaria numa poupança efectiva, ou se pelo contrário, são as soluções com melhores características, que permitem ao longo do tempo, reaver o acréscimo de investimento inicial.

Com este objectivo, descrevem-se possíveis soluções construtivas a aplicar na construção de um edifício multifamiliar, onde através de critérios térmicos e de durabilidade, se procura demonstrar que de facto, a aplicação de melhores soluções, que acarretam um maior investimento inicial, revelam-se mais económicas ao longo do tempo, uma vez que as melhores características destas, permitem um retorno com o passar dos tempos.

Palavras-chave: Patologias, Vidro, Janelas, Desempenho térmico, Soluções construtivas, Medidas de melhoria, Custos, Poupança, Retorno, Viabilidade, Eficiência

ABSTRACT

Nowadays, in the construction world, there's available a great variety of materials and construction solutions to apply in the different parts of a building (caves, walls and roofs), however, those options are usually analysed in terms of technical features, not paying attention about the profitability or not of them applications. With that, we thought necessary develop a investigation work to explain until what level, the increase of the initial investment could the recovered over time, granted by the increase qualities of the best materials and construction solutions, making it possible the recovered of addition of the initial investment.

With that purpose, we describe some solutions to apply on those building's elements, where through thermal and conserving parameters, we prove that the biggest initial investment could be recovered over the time.

Keywords: Pathologies, Construction solutions, improvement measures, Window, Glass, Thermal performance, Costs, Saving, viable, Return, Efficiency

Índice

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Enquadramento do Tema	2
1.1.2 Estado da arte	5
1.1.3 Análise Térmica	6
1.2 Objetivos e Metodologia	7
1.3 Estrutura da Dissertação	8
2 SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS EXISTENTES E RESPECTIVOS RISCOS ASSOCIADOS	9
2.1 Elementos de Fundação	9
2.2 Envoltentes exteriores verticais	15
2.2.1 Paredes	15
2.2.1.1 O sistema de parede dupla com caixa-de-ar	18
2.2.1.2 O sistema de isolamento aplicado pelo exterior	22
2.2.1.3 Sistema de fachada ventilada	25
2.2.1.4 Importância dos vãos no controlo das condições termo-higrométricas dos edifícios	27
2.2.2 Envoltente exterior horizontal	31
3 EDIFÍCIO EM ANÁLISE	35
4 SOLUÇÕES DE PROJECTO IDEALIZADAS PARA O EDIFÍCIO EM ANÁLISE E CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	41
4.1 Caves/Fundações	41
4.1.1 Muros de blocos com pórtico de betão armado:	41
4.1.2 Muros de caves em betão armado	47
4.2 Envoltentes Exteriores verticais	51
4.2.1 Vãos envidraçados	52
4.2.2. Envoltente exterior opaca	59
4.3 Envoltentes Exteriores Horizontais	67
4.2.3 Coberturas	67
5 CONCLUSÕES E PROPOSTAS PARA ESTUDOS FUTUROS	73
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
7 ANEXOS	79

Índice de figuras

<i>Figura 1- Recobrimento insuficiente das armaduras (forumdacasa,2011)</i>	<i>5</i>
<i>Figura 2- Humidade ascensional nas paredes (Própria, 2014)</i>	<i>5</i>
<i>Figura 3- Paredes de caves insuficientemente impermeabilizadas (Própria, 2014)</i>	<i>5</i>
<i>Figura 4- Paredes de caves insuficientemente impermeabilizadas (Própria, 2014)</i>	<i>6</i>
<i>Figura 5- Paredes de caves insuficientemente impermeabilizadas (Própria, 2014)</i>	<i>6</i>
<i>Figura 6-Equipamento de produção de caldas (Jocartécnica, 2011).....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 7- Injecção de caldas (stap, 2011).....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 8- Execução de Microestacas (Jocartécnica,2011)</i>	<i>14</i>
<i>Figura 9- Execução de Microestacas (Jocartécnica, 2011)</i>	<i>14</i>
<i>Figura 10- Execução de Microestacas (Jocartécnica, 2011)</i>	<i>14</i>
<i>Figura 11- Execução de Microestacas (Jocartécnica, 2011)</i>	<i>15</i>
<i>Figura 12-Patologias em caves de edifícios (forumdacasa,2011)</i>	<i>16</i>
<i>Figura 13- Distribuição do consumo energético (Sustentabilidade MASTERBLOCK,2011).....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 14-Evolução das fachadas em Portugal (Maxit Group, 2011).....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 15-Pormenor construtivo de uma parede dupla em pedra aparente e tijolo perfurado (Sistemas de Fachadas Universidade do Minho, 2011)</i>	<i>21</i>
<i>Figura 16-Pormenor construtivo de uma parede dupla com caixa-de-ar preenchida com isolamento (Engenharia e certificação energética, 2011)</i>	<i>21</i>
<i>Figura 17-Drenagem incorreta e ineficaz (Mendes da Silva Vítor Abrantes, 2011)</i>	<i>22</i>
<i>Figura 18- Erros na colocação do isolamento (Própria, 2011)</i>	<i>23</i>
<i>Figura 19- Erros na colocação do isolamento (Própria, 2011)</i>	<i>24</i>
<i>Figura 20- Erros na colocação do isolamento (Própria, 2011)</i>	<i>24</i>
<i>Figura 21- Erros na colocação do isolamento (Própria, 2011)</i>	<i>25</i>
<i>Figura 22- Correção de ponte térmica (Maxit Group, 2011)</i>	<i>26</i>
<i>Figura 23- Composição esquemática de um ETICS (Maxit Group, 2011).....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 24- Fachada ventilada com isolamento térmico contínuo e pano exterior em tijolo maciço face à vista (Mesquita, Daniel, 2008)</i>	<i>29</i>
<i>Figura 25- Sistema de ventilação integrado na caixilharia (Schuco, 2011)</i>	<i>31</i>
<i>Figura 26- Sistema de ventilação integrado na caixilharia (Schuco, 2011)</i>	<i>32</i>
<i>Figura 27- Perfil de temperaturas (Dow, 2011)</i>	<i>36</i>
<i>Figura 28- Constituição tipo de uma Cobertura Plana Invertida com acabamento em seixo rolado (Dow, 2011)</i>	<i>36</i>
<i>Figura 29- Constituição tipo de uma Cobertura Plana Invertida com pormenor de remate na zona da platibanda (Carlos Pereira, 2011).....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 30- Vista 3D do Edifício (David Sousa, 2011).....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 31- Vista 3D do Edifício (David Sousa, 2011).....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 32- Vista 3D do Edifício (David Sousa, 2011).....</i>	<i>39</i>

<i>Figura 33– Vista 3D do Edifício (David Sousa, 2011)</i>	<i>39</i>
<i>Figura 34– Vista 3D do Edifício (David Sousa, 2011)</i>	<i>40</i>
<i>Figura 35–Planta da cave do edifício (David Sousa, 2011).....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 36– Planta do piso 0 (David Sousa, 2011)</i>	<i>41</i>
<i>Figura 37– Planta do piso 1 (David Sousa, 2011)</i>	<i>41</i>
<i>Figura 38– Planta da fração analisada (Própria, 2016).....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 40– Muros em blocos de cimento confinado por pórticos de betão armado (Própria, 2011).....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 41– Sistema de impermeabilização (Lwart, 2011)</i>	<i>46</i>
<i>Figura 42– Sistema construtiva de uma parede enterrada (Fibrosom, 2011)</i>	<i>46</i>
<i>Figura 43– Sistema construtivo de um muro enterrado (Delta-Drain, 2011).....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 44– fórmula de cálculo do Valor Atual Líquido (IAPMEI, 2014).....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 45– fórmula de cálculo da taxa de atualização (IAPMEI, 2014).....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 46– fórmula de cálculo da taxa de atualização (IAPMEI, 2014).....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 47– Custo do isolamento térmico para a laje de cobertura (Própria 2011)</i>	<i>71</i>
<i>Figura 48– fórmula de cálculo da taxa de atualização (IAPMEI, 2014).....</i>	<i>74</i>

Índice de quadros

Quadro 1-Distribuição do preço global de uma obra pelas diversas especialidades (Própria, 2014)	15
Quadro 2- Custos de construção da solução construtiva de paredes enterradas (Própria, 2011)	46
Quadro 3- Custos de construção da solução construtiva de muro enterrado (Própria, 2011)	50
Quadro 4- Custos de movimentação de terras para execução de reparações no sistema de impermeabilização (Própria, 2011)	52
Quadro 5- Custos da caixilharia sem corte térmico e com vidro simples (Própria, 2016)	54
Quadro 6- Custos da caixilharia com corte térmico e com vidro duplo (Própria, 2016)	54
Quadro 7- Condutibilidade térmica da caixilharia sem corte térmico e com vidro simples, (Própria, 2016)	56
Quadro 8- Condutibilidade térmica da caixilharia com corte térmico e com vidro duplo, (Própria, 2016)	56
Quadro 9-Quadro com os resultados alcançados com as duas soluções construtivas analisadas, (Própria, 2016)	57
Quadro 10- Pressupostos assumidos para determinação da taxa de atualização (Própria, 2014)	58
Quadro 11-Estudo da viabilidade económica da medida de melhoria n.º3 que consiste na aplicação de caixilharia com corte térmico e vidro duplo, (Própria, 2016)	59
Quadro 12-Custos da execução da envolvente exterior em parede dupla (Própria, 2016)	61
Quadro 13-Custos da execução da envolvente exterior com sistema ETIC (Própria, 2016)	62
Quadro 14- Custos da execução da envolvente exterior com sistema de fachada ventilada (Própria, 2016)	62
Quadro 15-Conduções térmicas da solução construtiva em parede dupla sem isolamento térmico, para as paredes exteriores do apartamento, (Própria, 2016)	63
Quadro 16-Conduções térmicas da solução construtiva em parede simples constituída por bloco térmico de 20, com isolamento térmico de 8cm pelo exterior para as paredes exteriores do apartamento, (Própria, 2016)	63
Quadro 17-Conduções térmicas da solução construtiva em parede simples constituída por bloco de betão leve de 20, com 6cm isolamento térmico (espuma rígida de poliestireno-PUR) de 6cm pelo exterior e pano exterior em tijolo maciço face à vista de 5cm (Própr 64	64
Quadro 18-Quadro com os resultados alcançados com as duas soluções construtivas analisadas, (Própria, 2016)	65
Quadro 19-Pressupostos assumidos para determinação da taxa de atualização (Própria, 2014)	66
Quadro 20-Estudo da viabilidade económica da medida de melhoria n.º1 que consiste na solução de parede simples em bloco térmico de 20, com isolamento térmico de 8cm pelo exterior da parede. (Própria, 2016)	67
Quadro 21-Estudo da viabilidade económica da solução construtiva alternativa para execução da medida de melhoria n.º1 que consiste na solução de parede simples em bloco de betão leve de 20, com isolamento térmico(PUR) de 6cm pelo exterior e pano exterior de 5cm d..... 68	68
Quadro 22-Conduções térmicas da solução de cobertura plana com 3cm isolamento térmico (Própria, 2016)	70
Quadro 23-Conduções térmicas da solução de cobertura plana com 10cm isolamento térmico (Própria, 2011)	70
Quadro 24-Quadro com os resultados alcançados com as duas soluções construtivas analisadas, (Própria, 2016)	71
Quadro 25-Pressupostos assumidos para determinação da taxa de atualização (Própria, 2014)	72
Quadro 26- Estudo da viabilidade económica da medida de melhoria n.º2 que consiste na aplicação de 10cm de isolamento pelo exterior da laje de cobertura. (Própria, 2014)	73
Quadro 27-Quadro resumo com os resultados alcançados com as soluções construtivas analisadas para as diversas envolventes, (Própria, 2014)	75

SIMBOLOGIA

U – Coeficiente de transmissão térmica ($\text{W}/\text{m}^2\text{°C}$)

R – Resistência térmica ($\text{m}^2\text{°C}/\text{W}$)

R_{se} – Resistência térmica superficial exterior ($[\text{m}^2\text{°C}]/\text{W}$)

R_{si} – Resistência térmica superficial interior ($[\text{m}^2\text{°C}]/\text{W}$)

R_{ar} – Resistência térmica de espaços não-ventilados ($[\text{m}^2\text{°C}]/\text{W}$)

Φ – Fluxo de calor (W/m^2)

e – espessura (m)

λ – Condutibilidade térmica do material [$\text{W}/(\text{m}^{\circ}\text{C})$]

ABREVIATURAS

REH – REGULAMENTO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DOS EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO

VAL – Valor Atual Líquido

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

1 INTRODUÇÃO

O aparecimento de patologias nas edificações, sempre suscitou preocupação em investigadores, produtores e consumidores. A questão da rentabilidade das soluções construtivas tem ficado de fora do processo de escolha. No presente trabalho procuraremos avaliar até que ponto a aplicação de uma solução construtiva de pior qualidade, e consequentemente mais barata, constituirá uma poupança a longo prazo.

Perante esta facto, e para o caso em análise, analisaremos as soluções construtivas, passíveis de serem utilizadas no edifício em análise, sob o ponto de vista:

- custos de construção/execução, relacionados com o investimento inicial;
- custos de manutenção, no sentido de manter boas condições de utilização (salubridade e conforto térmico);
- Custos de reparação, numa ótica de associados ao investimento inicial menor, estão associados riscos de reparação de patologias, que tenderão a ser tanto maiores quanto menores/piores forem as características da solução construtiva escolhida.

Atendendo a que os custos de energia tenderão a aumentar, uma vez que os recursos são cada vez mais escassos, é de extrema importância perceber-se até que ponto, num clima ameno como o português, um maior investimento no isolamento térmico de uma edificação, é rentável num período de tempo relativamente curto (20 anos), isto atendendo a que uma edificação que normalmente é projetada para durar 50 anos, ao fim de 15 a 25 anos, sofre obras de conservação/requalificação.

Chamamos a atenção para o facto de que em cenários como o português, com clima ameno, os ganhos na estação de aquecimento, convertem-se em perdas na estação de arrefecimento, uma vez que implicam excessivos ganhos térmicos, que acabam por anular os ganhos na estação de aquecimento. O caso dos vidros, é o expoente máximo do que acabamos de referir. Atualmente existem no mercado diversos tipos de vidros com distintas características (baixa emissividade, controlo solar), que acabam por não acarretar grandes ganhos térmicos. Contrariando o que tem vindo a ser veiculado, continuam a ser questões de orientação e de áreas dos vãos, os fatores mais preponderantes na questão do desempenho térmico das edificações (Sirgado, 2010).

1.1 Enquadramento do Tema

Com o boom da construção que se fez sentir nas últimas décadas em Portugal, foram construídos milhares de fogos com inúmeras deficiências, fruto da complexidade crescente das

construções, da falta de sistematização do conhecimento, do ritmo excessivamente acelerado, entre outros. Ou seja, este incremento enorme da construção, muitas das vezes sem ser dotada das necessárias características de robustez que lhe permitisse evidenciar melhores condições de estado, fez com que o património edificado num passado recente, menos de 25 anos, apresentasse um conjunto elevado de edifícios cujo desempenho está abaixo do que seria desejável. Este fenómeno fez com que se tornasse prática comum, nos dias de hoje, olhar-se para a construção atual com um certo desdém, no sentido em que predomina a ideia de que as construções antigas eram executadas de uma forma mais cuidada e com materiais de melhor qualidade (Calejo e Silva, 2007).

De facto, a busca por uma qualidade de materiais e de serviços disponíveis no mercado, fizeram com que surgissem organismos e legislação que vieram incrementar os padrões de qualidade na indústria da construção. Um exemplo importante, é a criação em 1986 do Instituto Português da Qualidade (IPQ), este organismo permitiu o surgimento e controlo da aplicação de normalização internacional, que veio estabelecer padrões de qualidade quer para os materiais (através da marcação CE), quer para os serviços prestados pelas empresas, através da criação de Sistemas de gestão da qualidade (NP EN ISO 9001, 2008).

No entanto, apesar de haver uma preocupação crescente com a qualidade da construção, verifica-se que muitos dos edifícios construídos nos últimos anos não apresentam a qualidade esperada. Pode mesmo afirma-se que há muitos edifícios, que apresentam precocemente patologias que condicionam a sua utilização. Algo facilmente comprovado devido ao facto de abundarem nas nossas cidades exemplos de construções mal executadas, onde são visíveis todo o tipo de patologias como se vê nas imagens seguintes:



Figura 1- Recobrimento insuficiente das armaduras (forumdacasa,2011)



Figura 2- Humidade ascensional nas paredes (Própria, 2014)



Figura 3– Paredes de caves insuficientemente impermeabilizadas (Própria, 2014)



Figura 4– Paredes de caves insuficientemente impermeabilizadas (Própria, 2014)



Figura 5– Paredes de caves insuficientemente impermeabilizadas (Própria, 2014)

A génese deste pensamento está de um modo geral correta, uma vez que nos dias de hoje, a construção está demasiada condicionada por questões financeiras e temporais. Nos dias que correm, Tempo é verdadeiramente dinheiro, o que faz com que muitas vezes as escolhas de soluções de projeto sejam condicionados por questões de rapidez de execução e de maior economia, relegando-se para segundo plano critérios de qualidade e durabilidade, daí esta conotação de que a construção dos dias de hoje detém uma qualidade inferior à praticada noutros tempos. É frequente nos dias que correm, edifícios relativamente recentes (5 a 10 anos) necessitarem de trabalhos de reparação de patologias (infiltrações, fendilhamento excessivo, etc.)

Um outro ponto que contribui para este cenário é o facto de que o financiamento das empreitadas é hoje feito maioritariamente através de empréstimos bancários contraídos, empréstimos esses que são quantificados segundo estimativas do custo da obra em questão. Este modelo de financiamento acarreta uma série de encargos e riscos que os construtores/promotores têm de assumir, as variações das taxas de juro, são um dos principais fatores que hoje em dia influenciam as opções económicas tomadas no seio das empresas. No ramo da construção, muitas vezes estes fatores ditam a necessidade de se reformularem projetos, visando essencialmente uma maior economia e consequentemente uma maior viabilidade financeira dos empreendimentos, os erros de orçamentação e de projeto são outros fatores que podem ditar esta necessidade de reformulação dos projetos e suas soluções construtivas. Esta necessidade de reformulação, visa essencialmente o “emagrecimento” dos custos inerentes à construção, sacrificando critérios de qualidade e durabilidade dos materiais e soluções adotados. É prática comum que com o decorrer do tempo, esta poupança em termos de soluções adotadas origine o aparecimento precoce de patologias na construção, implicando um investimento adicional para as reparações necessárias, para garantir boas condições de utilização dos espaços. Com a realização deste trabalho, procurou-se demonstrar que na maior parte dos casos a poupança inicial não se traduz numa poupança efetiva a longo prazo, tendo

em conta os custos das reparações e manutenções que as soluções posteriormente adotadas acarretaram, procuraremos demonstrar que na maioria dos casos “o barato sai caro!”.

As soluções iniciais de projeto, são na maioria dos casos adotadas tendo em conta garantias de qualidade, durabilidade e de segurança na sua utilização. Numa fase inicial, são estes critérios de durabilidade e de qualidade que prevalecem a quando da sua escolha, enquanto, atendendo ao que foi dito anteriormente, as opções de projeto que depois acabam por se adotar em obra, são condicionadas predominantemente por questões financeiras, sendo relegados para segundo plano estes critérios iniciais. Para além dos custos de construção, os custos de manutenção e de utilização dos espaços são frequentemente esquecidos, numa ótica de manter boas condições de salubridade e de conforto térmico para a sua utilização. negligenciando-se assim um fator que poderia revelar-se preponderante no processo de escolha das soluções de construção a adotar. Este é um princípio que a maioria das pessoas não entende, o princípio de que a adoção de uma solução mais barata acarreta desvantagens em termos de utilização e manutenção, e que muito provavelmente acarretarão custos de manutenção e reparação que associados aos custos de investimento inicial, tornarão a solução mais cara do que a solução inicialmente idealizada. Cabe aos profissionais da especialidade (Engenheiros e Arquitetos) sensibilizarem as pessoas/clientes para este fato.

A falta de qualidade e durabilidade dos materiais, assim como a utilização de mão-de-obra não qualificada, são fatores que afetam gravemente a qualidade da edificação em geral (Calejo e Silva, 2007). No entanto, é importante ressaltar o facto de que o cometimento de erros na execução de certos trabalhos, compromete não só o bom desempenho dos elementos que se estão a construir, mas também põe em causa o bom desempenho de elementos que virão a ser construídos. Procuraremos demonstrar com este estudo, que erros cometidos, por exemplo na execução de elementos de fundação, podem hipotecar critérios de qualidade e durabilidade de outros elementos posteriormente executados, nomeadamente dos revestimentos. Há uma certa ligação umbilical entre os diversos elementos da edificação que fazem com que erros cometidos numa fase inicial propaguem-se e revelem-se em elementos construídos posteriormente. O caso dos assentamentos diferenciais e das infiltrações são um bom exemplo disto, em que uma má execução dos elementos de fundação pode promover o aparecimento de patologias nas alvenarias e revestimento executados posteriormente.

1.1.2 Estado da arte

Esta dissertação estabelece um “Estado da arte” sobre a evolução do comportamento térmico associado à evolução das soluções construtivas das fachadas, estabelecendo um termo de comparação entre a solução de parede dupla com a solução de parede simples com isolamento térmico pelo exterior. A escolha destas duas soluções prendeu-se com o facto de que atualmente, a solução de parede simples com ETICS é uma das soluções mais utilizadas, quer

em construções novas, quer quando se torna necessário proceder à requalificação de um edificado, sendo por sua vez a solução de parede dupla a solução com que o técnico mais se depara como sendo a solução executada/ situação inicial.

Todo o levantamento da evolução das soluções construtivas é efetuado ao longo dos capítulos 1 e 2, em especial nos subcapítulos 1.2 e 2.2.1.

A abordagem desta dissertação propõe a discussão sobre se um maior investimento inicial com a escolha de soluções construtivas de melhores características térmicas se revela economicamente viável e mais ecológico, através da redução das necessidades de energia útil para climatização.

A hipótese levantada faz referência a se o acréscimo de custo com a execução de uma solução construtiva de melhores características térmicas, se revela economicamente viável com o passar de um período de tempo de vinte anos.

Portanto o principal destaque desta dissertação consiste em demonstrar que, no sector da construção, “o barato sai caro!”.

Deste modo, esta dissertação contempla um primeiro capítulo que aborda o surgimento e evolução das soluções construtivas para execução de fachadas. No segundo capítulo faz-se a análise das soluções construtivas idealizadas para o edifício em análise. Nos capítulos três e quarto, apresenta-se todo o trabalho de análise que trata especificamente do “estado da arte”, configurando assim a sistematização dos dados que permite concluir que “o barato sai caro!”. Por fim, no capítulo cinco discute-se a produção científica e possíveis melhorias no trabalho efetuado.

1.1.3 Análise Térmica

Como já foi referido, os custos de utilização e manutenção dos espaços deveriam ser considerados a quando da escolha das soluções construtivas a executar. No presente trabalho, foi feita um balanço energético para a fração habitacional com o objetivo de perceber se os valores de energia para climatização do espaço que cada solução construtiva acarreta tornam, ou não, o maior investimento numa solução construtiva com melhores índices de isolamento viável economicamente.

Para a execução deste balanço energético, foi utilizada a metodologia preconizada no REGULAMENTO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DOS EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO (REH) - DL118/2013 DE 20 DE AGOSTO.

Na realização deste balanço energético, optou-se por considerar todas as regras de simplificação que este regulamento permite, uma vez que o conhecimento dos métodos construtivos aplicados na edificação em análise não é absoluto, havendo por isso algumas dúvidas quanto às suas

características, daí se ter optado por considerar todas as regras de simplificação que este regulamento permite.

Na Figura 3.9 do ponto 3 do presente trabalho, está representada a planta da fração analisada, assim como a identificação das envolventes consideradas.

1.2 Objetivos e Metodologia

O objetivo deste trabalho é demonstrar que uma poupança inicial, fruto da escolha de uma solução construtiva mais barata e consequentemente com piores características, não se tornará numa poupança efetiva ao longo dos tempos.

Procuraremos demonstrar que se deve contrariar a tendência economicista na construção, chamar a atenção para o facto de que as opções de projeto inicialmente adotadas são quase sempre idealizadas com o propósito de se obter os melhores resultados em termos de manutenção de boas condições de utilização (térmicas, e de salubridade), enquanto as alterações produzidas com carácter economicista, tendem a uma atitude de facilitismo para com estes requisitos de qualidade e durabilidade, aumentando assim a probabilidade de aparecimento de patologias nas construções.

O consumo energético dos edifícios, e a sua fatura energética ao longo dos anos assume cada vez mais um papel preponderante nas vidas das pessoas, como tal, também este ponto deve ser tido em consideração a quando da escolha das soluções construtivas a serem executadas. Uma das formas de aumentar a eficiência energética é através do controlo das perdas de energia pelas envolventes. Uma das soluções mais frequentes para garantir um maior conforto térmico foi a solução de parede dupla. No entanto, questões relacionadas com as pontes térmicas que este tipo de solução origina, promoveram o aparecimento de soluções construtivas com aplicação de isolamento térmico pelo exterior, que corrigem as pontes térmicas. Este tipo de solução, que são usadas em construções novas e a reabilitar, assumiu grande relevância no mundo da construção e reabilitação. Atendendo que se tem registado um aumento do mercado de reabilitação devido à necessidade se reabilitar, e dotar de melhores características, o parque habitacional existente, procurou-se evidenciar o maior contributo destas soluções de isolamento pelo exterior face à solução de parede dupla que ainda subsiste no parque habitacional existente.

Tal como referido no ponto anterior, foi aplicada a metodologia preconizada no REGULAMENTO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DOS EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO (REH) definido no Decreto-Lei 118/2013 de 20 de agosto. Por vezes faz-se referência às medidas de melhoria (Mm), pois este regulamento (REH) implica efetuar o cálculo atendendo à situação inicial e posteriormente, refazer o cálculo atendendo às medidas de melhoria preconizadas para a edificação em análise.

Na elaboração deste trabalho, foram consideradas apenas os elementos de fundação, envolvente exterior vertical e envolvente exterior horizontal, uma vez que são estes elementos que estão

expostos às intempéries e por conseguinte mais expostos ao surgimento de patologias, e pelo facto de serem estes os responsáveis pelas trocas térmicas entre as edificações e o ambiente exterior. No entanto, os elementos interiores (alvenarias divisórias, lajes de piso) são também importantes, mas a sua importância está mais relacionada com aspetos de aumento ou diminuição de inércia térmica, assim como níveis de isolamento acústico, fatores que não serão abordados neste estudo.

Para a realização do presente trabalho, foram analisadas diferentes soluções para a construção de um edifício multifamiliar, tendo em conta os custos inerentes à Execução, e aos custos para manutenção do conforto térmico. A escolha destas soluções, deveu-se ao facto de serem soluções passíveis de serem utilizadas quer na construção de edifícios novos, quer na reabilitação de edifícios existentes. O trabalho foi desenvolvido de forma evidenciar o peso que cada elemento (envolvente exterior opaca horizontal/vertical; vãos) assume no comportamento térmico para assim evidenciar por onde se deve começar quando se desejar melhorar o comportamento térmico de um edifício (novo ou existente).

1.3 Estrutura da Dissertação

O presente trabalho foi dividido em sete capítulos:

Capítulo 1 – INTRODUÇÃO

Neste capítulo apresenta-se e enquadra-se a problemática do aparecimento precoce de patologias nas edificações, faz-se referência à metodologia utilizada que conduziu à obtenção dos resultados apresentados.

Capítulo 2 – SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS EXISTENTES E RESPECTIVOS RISCOS ASSOCIADOS

Neste capítulo faz-se a apresentação das soluções construtivas analisadas, assim como o risco de aparecimento de patologias que está associado a cada uma delas. Através da descrição de cada solução existente, procura-se evidenciar o maior ou menor contributo que cada uma delas trará em termos térmicos.

Capítulo 3 – EDIFÍCIO EM ANÁLISE

Faz-se a apresentação do edifício que será analisado, fazendo referência às considerações que se tiveram em conta a quando da análise da melhor solução construtiva a executar.

Capítulo 4 - SOLUÇÕES DE PROJECTO IDEALIZADAS PARA O EDIFÍCIO EM ANÁLISE E CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Através de cálculos orçamentais e de caris térmico, procurou-se demonstrar a maior ou menor viabilidade na execução de cada solução construtiva proposta. Através destes cálculos, procurou-se demonstrar até que ponto a execução de uma solução construtiva mais dispendiosa se revela rentável com o passar dos anos.

Capítulo 5 - CONCLUSÕES E PROPOSTAS PARA ESTUDOS FUTUROS

É feito um resumo das conclusões retiradas a partir dos cálculos efetuados, assim como enumeram-se as limitações do trabalho executado, e as sugestões para trabalhos futuros.

Capítulo 6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Capítulo 7 - ANEXOS

2 SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS EXISTENTES E RESPECTIVOS RISCOS ASSOCIADOS

2.1 Elementos de Fundação

As caves e os elementos de fundação dos edifícios constituem uma das partes da construção mais negligenciada em termos de rigor e cuidado de execução, impera muitas vezes a ideia de que tudo que será para enterrar e que não irá ficar à vista é de menor importância. Erro crasso, a maioria dos edifícios sofreu, sofre e sofrerá assentamentos diferenciais, sendo estes tolerados e até mesmo considerados até certo grau de grandeza, mas nunca a pontos de provocarem fendilhamento e deformações excessivas nos elementos estruturais e de revestimento.

Em estudos já realizados, concluiu-se que as causas mais frequentes para o surgimento de patologias advém de erros do processo (projeto e construção). Patologias relacionadas com a humidade e com a fissuração representam cerca de 80% da totalidade das disfunções analisadas de onde se conclui que a ação de agentes atmosféricos, bioquímicos ou físicos, bem como o fim do ciclo de vida dos componentes acaba por não justificar a durabilidade da construção que se vê prematuramente afetada por erros (Calejo e Silva, 2007). Não restam dúvidas que a ação mais importante a encetar para contrariar este cenário é a de recrutar profissionais especializados para o processo construtivo, integrando-os em estruturas profissionais que possam garantir a eficiência do seu desempenho, ao garantirem o respeito pela arte de bem construir, o que passa muitas vezes pela sensibilização de todos os intervenientes para os riscos que existirão pelo não cumprimento dos bons princípios.

No que toca aos assentamentos diferenciais, este ponto tem suscitado grande cuidado e atenção por parte dos Projetistas, sendo nos dias de hoje prática comum construções com fundações

devidamente dimensionadas e executadas e até mesmo com fundações indiretas quando surgem dúvidas quanto à capacidade de carga do solo existente. É sem dúvida um indicador claro da importância com que se começa a encarar a execução destes elementos. Até porque começa-se a ter cada vez mais presente que erros na execução destes elementos, acarretam graves prejuízos na qualidade da edificação, para além do facto de que correções nos elementos de fundação, para além de serem extremamente caros, são trabalhos que irão apenas minimizar estragos já ocorridos.

Para a resolução deste tipo de problemas, são necessários meios e mão-de-obra específicos e dispendiosos. Uma das tecnologias disponíveis é a de Injeções de Caldas de Cimento ou de resinas hidroactivas em solos. Esta técnica faz com que a calda injetada nos solos de fundação sobre grande pressão, ocupe os vazios existentes, e promova um aumento da sua resistência à compressão e uma redução da sua deformabilidade. No entanto esta técnica, como já foi referido, carece de meios e mão-de-obra especializada, o que encarece este tipo de trabalhos.

Há ainda que referir, que após a ocorrência de assentamentos diferenciais, é extremamente difícil quantificar as forças que estão em jogo, o que faz com que este tipo de trabalhos de estabilização sejam executados com uma grande grau de incerteza, o que entre outras coisas, pode implicar o sobredimensionamento destes trabalhos, agravando ainda mais os custos inerentes à sua execução.

Uma outra solução utilizada para travar os assentamentos diferenciais, é a de realização de microestacas. Esta técnica consiste na realização de estacas de pequenos diâmetros, normalmente até 300mm, perfurada em terrenos de qualquer natureza e injetada sob pressão com calda de cimento e reforçada estruturalmente através de tubos, perfis metálicos e varões de aço. É igualmente uma técnica cara, uma vez que a sua execução necessita de mão-de-obra e de equipamentos específicos.

Seguem abaixo algumas fotos demonstrativas das técnicas mencionadas:



Figura 6-Equipamento de produção de caldas (Jocartécnica, 2011)



Figura 7- Injecção de caldas (stap, 2011)



Figura 8- Execução de Microestacas (Jocartécnica,2011)



Figura 9- Execução de Microestacas (Jocartécnica, 2011)



Figura 10- Execução de Microestacas (Jocartécnica, 2011)



Figura 11- Execução de Microestacas (Jocartécnica, 2011)

No que toca as caves/fundações dos edifícios, um outra questão que é de extrema importância na execução destes elementos, é a questão da água. A água infiltrada nas caves dos edifícios é um elemento que afeta gravemente quer o aspeto estrutural quer o aspeto funcional destes.

Na idealização e execução destes elementos é frequentemente negligenciada o efeito nefasto da água, uma vez que é frequente ver-se caves de edifícios com infiltrações, pondo em causa quer aspetos de utilização, pois não é nada agradável nem seguro ter uma cave cheia de infiltrações, quer aspetos de segurança estrutural, uma vez que se a água afluir ao interior da edificação, significa que a mesma passou junto das armaduras estruturais, comprometendo deste modo o seu estado de conservação e por conseguinte a sua capacidade resistente.

Todos estes pontos servem para demonstrar que opções economicistas neste tipo de elementos são de todo evitáveis, uma vez que uma má execução destes, promove o aparecimento de patologias quer nos próprios elementos de fundação, quer nos restantes elementos construídos posteriormente (alvenarias, revestimentos, etc.), sendo os revestimentos particularmente afetados por estes fenómenos de assentamentos e infiltrações.

Um dos elementos que mais afeta o desempenho e durabilidade dos revestimentos é a água. A ascensão e afloramento da água à superfície desencadeiam fenómenos de empolamento e descasque dos revestimentos. Em estudos já realizados, chegou-se à conclusão que em termos de patologias, 62% dos casos eram devidos a problemas de estanquidade à água da envolvente dos edifícios (PATORREB,2011). Estando as caves e restantes elementos de fundação em contacto permanente com água (freática e pluvial), este é claramente um fator a ter em consideração quer na hora da elaboração do projeto, quer na hora da sua execução.

Nas imagens seguintes, ilustram-se alguns dos efeitos descritos anteriormente.



Figura 12-Patologias em caves de edifícios (forumdacasa,2011)

Perante o exposto, é de extrema importância que os elementos de fundação constituam barreiras impermeáveis, para que a humidade não comprometa o bom desempenho e durabilidades destes elementos.

Através da experiência profissional adquirida, foi-me possível constatar que os custos de execução de um projeto de estabilidade, representam cerca de 14% do valor total da obra, enquanto o projeto de arquitetura, que engloba custos de soluções de revestimentos, representam cerca de 43% do custo total. Com a apresentação destes dados, procuramos demonstrar que uma poupança na execução dos elementos estruturais acaba por se revelar uma

poupança residual em relação ao valor da obra, podendo implicar graves encargos em termos de reparação de patologias entretanto surgidas, para além do facto de que estes trabalhos de reparação/correção serem de difícil execução. Importa frisar mais uma vez a ideia de que erros cometidos na execução dos elementos de fundação, provocariam nos restantes elementos, por uma questão de ligação quase umbilical com estes, o surgimento de patologias. Não é de todo benéfico proceder-se a políticas de facilitismo e economicismo na execução destes elementos de fundação e de estabilidade. Para que tenhamos uma noção mais global dos custos das diversas especialidades, ilustramos no quadro seguinte, os pesos (em termos monetários e percentuais) que cada especialidade tem no valor global da obra, precisamente para ilustrar o peso diminuto que os trabalhos de fundação e restante estabilidade detém no valor da obra:

Quadro 1-Distribuição do preço global de uma obra pelas diversas especialidades
(Própria,2014)

	Obra Nº1			Obra Nº2		
ESTALEIRO E TRABALHOS ACESSÓRIOS	€	438.691,75	5,22%	€	665.609,55	2,97%
PROJECTO DE ARQUITECTURA	€	3.614.136,12	43,02%	€	9.770.994,59	43,61%
PROJECTO DE ESTABILIDADE	€	1.169.676,44	13,92%	€	3.009.932,98	13,43%
PROJECTO DE HIDRÁULICA	€	237.753,39	2,83%	€	818.088,94	3,65%
PROJECTO DE INST. ELÉCTRICAS E EQUIP. ELÉCTRICOS	€	810.873,13	9,65%	€	2.317.349,69	10,34%
PROJECTO DE INST. E EQUIP. TELECOMUNICAÇÕES	€	100.962,82	1,20%	€	165.080,44	0,74%
CLIMATIZAÇÃO/VENTILAÇÃO TERMICA	€	801.541,97	9,54%	€	3.351.103,57	14,96%
GÁS	€	4.451,88	0,05%	€	42.048,23	0,19%
PROJECTO DE INSTALAÇÕES, EQUIPAMENTOS E SISTEMAS DE TRANSPORTE DE PESSOAS E CARGAS	€	20.520,39	0,24%	€	86.417,11	0,39%
SISTEMA DE SEGURANÇA INTEGRADA	€	215.471,91	2,56%	€	283.772,75	1,27%
GESTÃO TÉCNICA CENTRALIZADA	€	100.607,17	1,20%	€	332.664,76	1,48%
ESPAÇOS EXTERIORES	€	518.937,50	6,18%	€	860.385,52	3,84%
MOBILIÁRIO E EQUIPAMENTO	€	328.492,39	3,91%	€	636.387,15	2,84%
DIVERSOS	€	39.324,40	0,47%	€	71.045,87	0,32%
PREÇO TOTAL DA OBRA	€	8.401.441,24	100%	€	22.407.809,57	100,00%

Para reforçar esta ideia, citamos um estudo já realizado acerca da Impermeabilização de Paredes Enterradas, em que se conclui que, e passamos a citar: “*Nos pisos enterrados são frequentes as anomalias associadas à infiltração de água pela envolvente vertical. A reparação deste tipo de patologias raramente é eficaz, apesar do custo envolvido ser geralmente elevado.*” (OPTIROC PORTUGAL, 2003).

O custo elevado deste tipo de reparações é facilmente compreendido se pensarmos que na maioria dos casos, para além dos materiais de impermeabilização, são necessários também trabalhos de movimentação de terras, algo que encarece muito a realização destas reparações. É precisamente em todos estes aspetos, que os responsáveis das obras devem ter em consideração a quando da realização destes trabalhos.

2.2 Envolventes exteriores verticais

2.2.1 Paredes

Com o problema relacionado com o consumo de combustíveis, cujas fontes são limitadas, e com o problema das emissões de gases com efeitos de estufa para a atmosfera cada vez mais em foco, as questões relacionadas com o aumento da eficiência energética, quer na habitação, quer em outros sectores (transportes, indústria, etc.) tornaram-se numa necessidade premente nos dias de hoje. Tendo em conta que as envolventes exteriores, nomeadamente as paredes, são elementos altamente propícios para a ocorrência de fluxos térmicos, tem-se efetuado um esforço, quer a nível de conhecimento, quer a nível de desenvolvimento de soluções construtivas, no sentido de se minimizarem as necessidades de climatização dos edifícios.

Na Europa, a grande parte da energia é gasta no aquecimento/arrefecimento de edifícios, sendo estes responsáveis por 50% da energia utilizada (incluindo edifícios industriais), tal como se ilustra no gráfico seguinte:

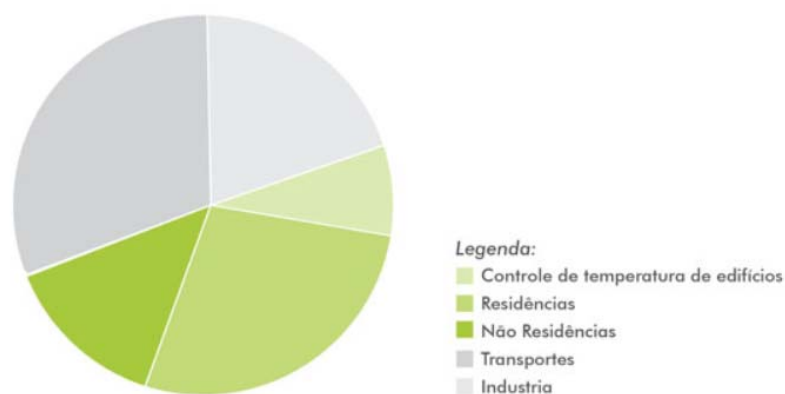


Figura 13- Distribuição do consumo energético (Sustentabilidade MASTERBLOCK,2011)

Em Portugal estes valores sofrem uma redução, fruto do ambiente existente ser mais ameno, no entanto, estima-se que o consumo de energia no sector dos edifícios seja cerca de 30% do consumo de energia final, sendo os edifícios de habitação responsáveis por 17%, embora a sua tendência seja de um crescimento elevado no futuro (Sustentabilidade

MASTERBLOCK,2011). Perante isto, tona-se necessário desenvolver medidas que promovam um desenvolvimento sustentável na construção, no sentido de melhorarem a eficiência térmica das edificações, promovendo com isto um consumo energético menor.

Esta redução é apenas alcançável através do desenvolvimento e aplicação de melhores materiais e soluções construtivas. A construção de envoltentes com coeficientes de transmissão térmica menores e que visam um aumento da inércia térmica é cada vez mais um ponto prioritário nas construções modernas, visando-se com isto alcançar um consumo energético menor.

Atendendo a estas necessidades, Portugal, à semelhança de outros países, começou a estabelecer parâmetros mínimos de desempenho térmico para as edificações, minimizando a dependência energética. Portugal acompanhou esta tendência através da entrada em vigor do Regulamento das Características de Comportamento Térmico do Edifício (RCCTE, Decreto-Lei nº80/2006 de 4 de Abril), tendo este regulamento sido substituído pelo Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH, Decreto-Lei nº.118/2013 de 20 de Agosto).

Em Portugal, como no resto do Mundo, tem-se assistido a uma grande evolução na forma como se executam as envoltentes exteriores dos edifícios. Ao longo de décadas, a construção destas envoltentes passaram de ser apenas constituídas por um pano de elevada espessura em alvenaria de pedra ou de tijolo maciço, para soluções construtivas de alvenarias duplas em tijolo vazado com ou sem caixa-de-ar revestida, até se chegar aos sistemas de hoje que contemplam a aplicação de isolamento térmico pelo exterior, que para além de permitir um ganho em termos de inércia térmica, permite a correção de pontes térmicas (Sousa e Silva, 2000).

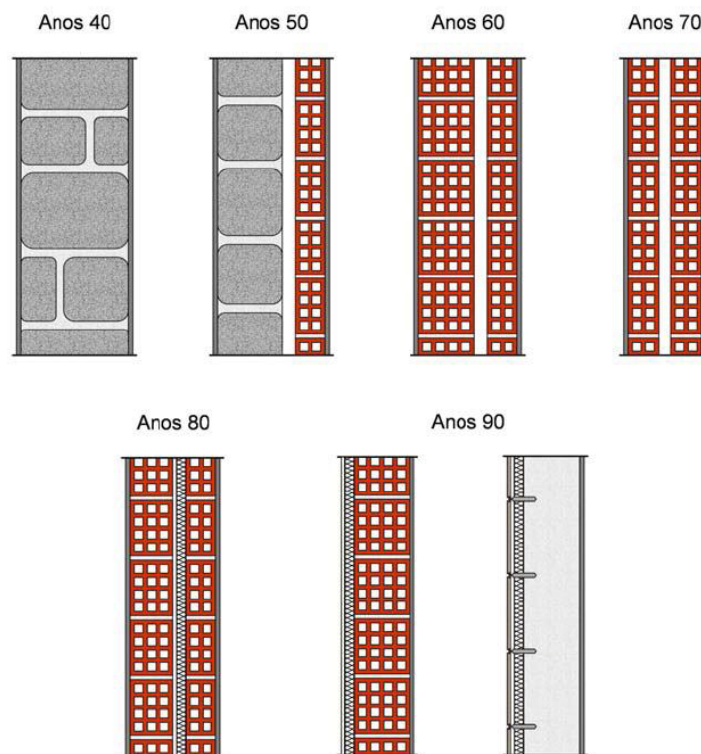


Figura 14-Evolução das fachadas em Portugal (Maxit Group, 2011)

Através de cálculos térmicos relativamente simples, conclui-se que o isolamento térmico tem uma maior eficiência quando aplicado pelo exterior, no entanto, na realização deste estudo, estudaram-se as duas soluções mais utilizadas, que é a solução de parede dupla, e a solução de revestimento pelo exterior.

Atualmente regista-se um aumento do mercado da reabilitação, devido à necessidade de conservar e potenciar o desempenho do parque habitacional existente. Devido a este facto, e apesar do caso em estudo tratar-se da construção de um edifício novo, julgou-se pertinente, na escolha das soluções construtivas, contemplar a solução de parede dupla, pois na maioria dos casos em que se projeta a requalificação térmica e funcional de um edificado, o técnico depara-se com uma solução de parede dupla como a escolha para a envolvente exterior existente/situação inicial, assim, adotando esta solução como a solução existente/situação inicial, o trabalho desenvolvido torna-se passível de ser aplicado quer na construção de edifícios novos, quer na requalificação de edifícios existentes.

Por sua vez, atendendo a que as fachadas evoluíram no sentido de se aplicar o revestimento térmico pelo exterior, a escolha das soluções construtivas que constituíram a medida de melhoria n.º1(Mm1), recaiu na solução de parede simples com isolamento térmico pelo exterior (Mm1) e em alternativa a solução de parede simples com isolamento térmico pelo exterior e revestimento independente contínuo (Mm1(2)).

2.2.1.1 O sistema de parede dupla com caixa-de-ar

A solução de parede dupla, foi uma das soluções construtivas mais utilizadas em Portugal, esta solução sofreu algumas evoluções ao longo dos anos através da aplicação de isolamento térmico na caixa-de-ar, que inicialmente estava totalmente vazia.

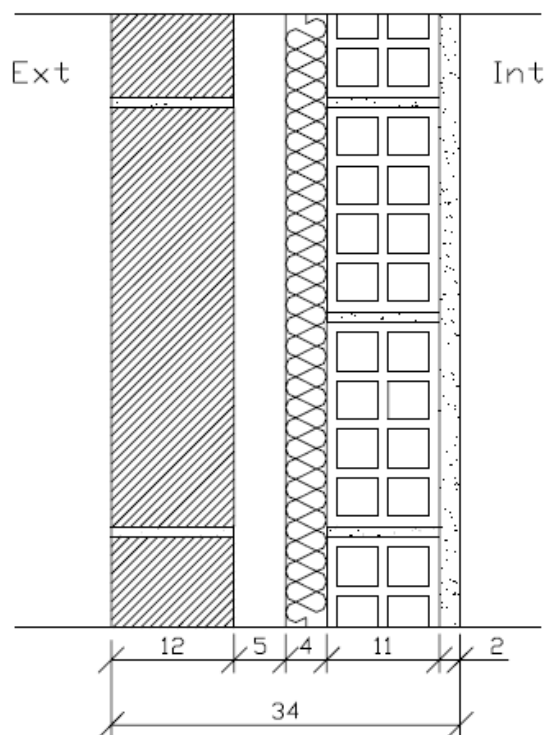


Figura 15-Pormenor construtivo de uma parede dupla em pedra aparente e tijolo perfurado (Sistemas de Fachadas Universidade do Minho, 2011)



Figura 16-Pormenor construtivo de uma parede dupla com caixa-de-ar preenchida com isolamento (Engenharia e certificação energética, 2011)

No entanto, esta solução apresenta algumas falhas, que promoveram o aparecimento de novas soluções construtivas termicamente superiores. Uma das principais desvantagens desta solução é o facto de desperdiçar mais de 50% da sua massa para efeitos de inércia térmica, uma vez que com a aplicação do isolamento térmico na caixa-de-ar, apenas o pano interior, geralmente de menor espessura em comparação com o pano exterior, é considerado no cálculo da inércia térmica. Os erros na execução desta solução, são outro fator que contribui para o uso cada vez mais pontual deste tipo de solução. Uma correta execução de uma caleira de drenagem, é fundamental para garantir uma boa capacidade de drenagem das águas infiltradas e da condensação resultante da migração de vapor de água do interior para o exterior, igualmente importante é a correta execução dos orifícios de ventilação. Erros na execução destes elementos, hipotecam por completo os índices de isolamento desejados.

O simples ato de aplicação do isolamento térmico, que deve ser aplicado no pano interior e de uma forma contínua, revela-se muitas vezes uma dificuldade em obra, fruto da mão-de-obra não qualificada, comprometendo mais uma vez a eficiência desta solução construtiva. Todos estes fatores, contribuem para que esta solução esteja cada vez menos a ser executada. Nas imagens seguintes, ilustram-se alguns dos erros de execução enumerados (Silva e Abrantes, 2007).



Figura 17-Drenagem incorreta e ineficaz (Mendes da Silva Vítor Abrantes, 2011)



Figura 18- Erros na colocação do isolamento (Própria, 2011)



Figura 19- Erros na colocação do isolamento (Própria, 2011)



Figura 20- Erros na colocação do isolamento (Própria, 2011)



Figura 21- Erros na colocação do isolamento (Própria, 2011)

2.2.1.2 O sistema de isolamento aplicado pelo exterior

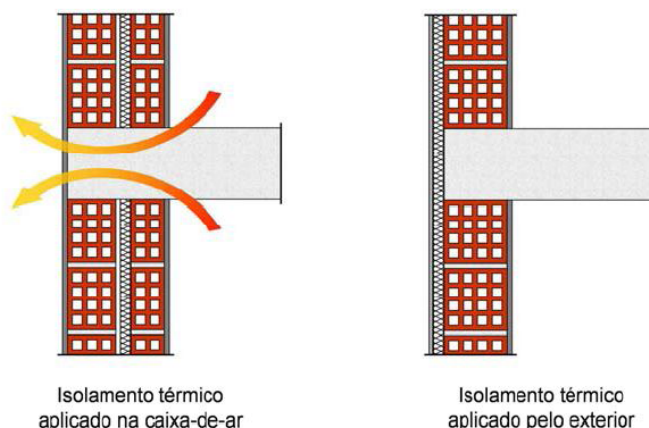
O sistema de isolamento aplicado pelo exterior (ETICS – External Thermal Insulation Composite System), ou Sistema de Isolamento Térmico de Fachadas pelo Exterior com Reboco Delgado como é normalmente designado em Portugal, apresenta inúmeras vantagens, nomeadamente no caso de edifícios com isolamento térmico insuficiente, infiltrações ou aspeto degradado, para além de que a sua aplicação diminui o risco de ocorrência de condensações, permitindo tratar as pontes térmicas existentes. Estes sistemas constituem uma ótima solução, tanto do ponto de vista energético como do ponto de vista construtivo.

De um modo geral, os sistemas de isolamento pelo exterior são constituídos por uma camada de isolamento térmico aplicada sobre o suporte, constituído geralmente por um pano de alvenaria. Um ponto que se deve ter em conta na escolha da espessura da alvenaria, é o facto de que normalmente serão realizados nesta alvenaria roços para instalação de diversas infra-estruturas, e caso a espessura da alvenaria seja reduzida, a abertura do roço fragilizará esta parede, podendo originar fendilhamento indesejável. Por conseguinte, a quando desta definição da alvenaria a executar, o Coordenador de Projeto deve ter todos estes pormenores presentes, a fim de se evitar a ocorrência de patologias indesejáveis.

O facto de ser uma técnica inovadora e que é aplicada pelo exterior das edificações, permite recuperar e melhorar quer aspetos estéticos quer aspetos climáticos das edificações novas ou a reabilitar.

O isolamento térmico pelo exterior é hoje reconhecido, de forma incontestável, como uma solução técnica de alta qualidade, pois permite:

- Redução das pontes térmicas ⁽²⁾, o que se traduz por uma espessura de isolamento térmico mais reduzido para a obtenção de um mesmo coeficiente de transmissão térmica global da envolvente;



⁽²⁾ Ponte térmica – toda e qualquer zona da envolvente dos edifícios em que a resistência térmica é significativamente alterada em relação à zona corrente. Essa alteração pode ser causada pela existência localizada de materiais de diferentes condutibilidades térmicas e(ou) por uma modificação na geometria da envolvente, como é o caso das ligações entre diferentes elementos construtivos.

Figura 22– Correção de ponte térmica (Maxit Group, 2011)

- Diminuição do risco de condensações;
- Aumento da inércia térmica interior dos edifícios, dado que a maior parte da massa das paredes se encontra pelo interior do isolamento térmico. Este facto traduz-se na melhoria do conforto térmico de Inverno, por aumento dos ganhos solares úteis, e também de Verão devido à capacidade de regulação da temperatura interior;
- Economia de energia devido à redução das necessidades de aquecimento e de arrefecimento do ambiente interior;
- Diminuição da espessura das paredes exteriores, aumentando a área habitável;
- Melhoria da impermeabilidade das paredes;
- Possibilidade de colocação em obra sem perturbar os ocupantes dos edifícios, o que torna esta técnica de isolamento particularmente adequada na reabilitação de fachadas degradadas;

A maioria dos sistemas ETICS existentes no mercado, variam muito pouco a sua constituição, nomeadamente no isolamento utilizado, sendo os mais utilizados o poliestireno expandido moldado (EPS), e o poliestireno expandido extrudido (XPS), sendo o esquema constituinte habitual o ilustrado na imagem seguinte.

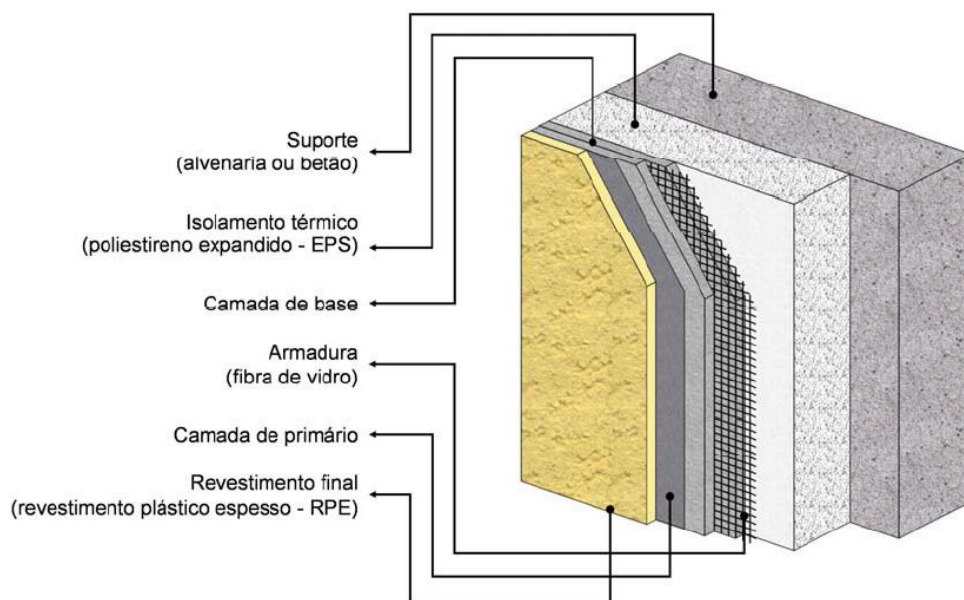


Figura 23– Composição esquemática de um ETICS (Maxit Group, 2011)

É importante chamar a atenção para o facto de que a utilização excessiva de isolamento nas envolventes, não é por si só garantia de conforto térmico. De facto, as exigências cada vez maiores para o isolamento das envolventes exteriores, podem causar um outro tipo de problema. Uma envolvente demasiadamente isolada pode dificultar a dissipação dos ganhos internos dos edifícios, fazendo com que a temperatura interior aumente acima do limite de conforto. Este tipo de problemas deve estar sempre presente nos Projetistas a quando da elaboração do projeto, principalmente para climas do Sul Europeu, como é o caso de Portugal. Deve evitar-se que com um excesso de isolamento da envolvente exterior, se criem condições de sobreaquecimento do ambiente interior durante o Verão, ao ponto de haver necessidades energéticas de arrefecimento, que mediante a sua grandeza, pode eliminar a economia obtida com o aquecimento durante a estação de Inverno. É fundamental procurar obter-se um ponto de equilíbrio entre estas duas situações (Verão e Inverno). Assim sendo, o conforto térmico não se garante apenas com um aumento da espessura de isolamento nas fachadas, mas sim garantindo um equilíbrio entre as necessidades de aquecimento e as necessidades de arrefecimento. Para além de se idealizarem soluções construtivas que garantam um bom isolamento térmico na estação de Inverno, é também necessário garantir soluções que permitam o controlo adequado dos ganhos solares no período de Verão, assim como garantir condições adequadas para a

ventilação natural, pois são dois aspetos de grande impacto na redução do sobreaquecimento. É fundamental adequar o espaço ao tipo de utilização que este terá, não se pode negligenciar o tipo de atividades que se desenvolverão dentro dos espaços a projetar, “*o projeto eficiente sob o ponto de vista energético deve garantir uma perfeita interação entre o homem e o meio...*” (Lamberts *et al*, 2004).

De facto, torna-se fundamentável que os Projetistas tenham sempre presente todas estas condicionantes, uma vez que: “*O conforto térmico é reconhecido como não sendo um conceito exato, que não implica uma temperatura exata. O conforto térmico depende de fatores quantificáveis – temperatura do ar, velocidade do ar, humidade, etc. e de fatores não quantificáveis – estado mental, hábitos, educação, etc. Assim, as preferências de conforto das pessoas variam bastante consoante a sua aclimatização particular ao ambiente local.*”(Khedari *et al*, 2000)

2.2.1.3 Sistema de fachada ventilada

Em alternativa ao sistema de isolamento aplicado pelo exterior (ETICS), escolheu-se a solução construtiva de parede simples com isolamento térmico pelo exterior e revestimento independente contínuo.

Um dos motivos que conduziu a esta escolha foi o facto de que esta tecnologia/sistema tanto pode ser integrada na construção de edifícios novos, como apresenta grande potencialidade de ser aplicada na reabilitação de fachadas que apresentam problemas de:

1. Isolamento térmico;
2. Isolamento acústico;
3. Impermeabilização;
4. Fissuração

Esta solução integra um sistema de isolamento térmico com lâmina de ar e revestimento exterior independente do suporte. Sendo o esquema tipo, o representado na imagem seguinte:

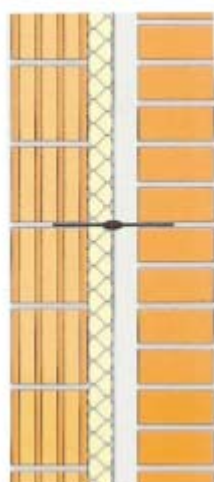


Figura 24- Fachada ventilada com isolamento térmico contínuo e pano exterior em tijolo maciço face à vista (Mesquita, Daniel, 2008)

A independência entre o revestimento e o suporte é obtida por peças metálicas de reduzidas dimensões para fixação pontual. A fixação pode ser pontual ou pode ser executada através de uma estrutura intermédia, no entanto, é desejável que o isolamento térmico seja contínuo, logo, que o pano exterior seja fixado pontualmente ao pano interior.

Importa salientar que a existência ou não de lâmina de ar entre o isolamento e o revestimento exterior, tem implicações ao nível das exigências a satisfazer pelo isolamento. Assim, ao isolamento dum sistema com lâmina de ar em geral apenas se exige que desempenhe a função de isolamento térmico, enquanto num sistema sem lâmina de ar, ao isolamento competirá suplementarmente servir de suporte ao revestimento e participar na estanquidade do conjunto, ou seja, neste caso o isolamento terá que possuir as necessárias características mecânicas e de comportamento sob ação da água.

A lâmina de ar introduz outras diferenças significativas relativamente aos sistemas de isolamento que não a integram:

- A lâmina de ar, ao dissolidarizar o revestimento do isolante, permite que sejam utilizados produtos de revestimento e de isolamento não totalmente compatíveis, nomeadamente do ponto de vista de variações dimensionais, nos sistemas sem lâmina de ar tem que ser garantida a compatibilidade total;
- Os sistemas com lâmina de ar são fixados pontualmente à estrutura intermédia ou à parede, mas os sistemas sem lâmina de ar, em virtude de o isolamento ter funções resistentes(suporte do revestimento), exigem fixação plena à parede-colagem- para que seja garantida uma melhor repartição das cargas e dos esforços;

Uma vez que se recomenda uma boa ventilação da lâmina de ar, em termos térmicos a contribuição do revestimento exterior fica consideravelmente reduzida, não pela sua condutância térmica, mas porque, nessas condições, não funciona como barreira plena às trocas de calor por convecção no interior da câmara. Este funcionamento aconselhado do sistema permite que no cálculo do coeficiente de transmissão térmica se possa considerar, na situação limite de espaço de ar muito ventilado, inexistente o ecrã exterior. (Rodrigues *et al*, 2009)

A dispensa do ecrã exterior para efeitos do cálculo do coeficiente de transmissão térmica da solução, faz com que o Coordenador de Projeto, ao definir o material constituinte deste elemento se preocupe com questões estéticas e de durabilidade. O tijolo maciço com face à vista, tipo Klinker, é uma solução possível. O tijolo Klinker é fabricado com argilas especiais a altas temperaturas, dando origem a um produto com características ímpares: baixa absorção de água (inferior a 6%), grande densidade (superior a 2000Kg/m³), elevada resistência mecânica à compressão (superior a 45N/mm²).

O tijolo Klinker é um material de construção, topo de gama, desenvolvido para ter uma durabilidade elevada e manutenção quase inexistente.

Adicionalmente é produto ecológico, fabricado com matérias primas naturais e endógenas, e um processo tecnológico que recorre às melhores técnicas disponíveis, de forma a causar um baixo impacto no meio ambiente.

Em termos de durabilidade, durante o processo de cozedura, as argilas sofrem um processo de sintetização e desenvolvem ligações cerâmicas extremamente fortes e estáveis. Isto permite aos tijolos suportar climas muito agressivos e resistir à maioria dos ataques químicos.

2.2.1.4 Importância dos vãos no controlo das condições termo-higrométricas dos edifícios

Um elemento de fachada que detém uma grande influência nos aspetos de controlo térmico, são os vãos envidraçados. De facto a sua constituição, orientação e existência de mecanismos de sombreamento, assumem um papel preponderante em termos de controlo térmico das edificações, uma vez que permitem o controlo dos ganhos internos e solares.

A elevada hermeticidade das construções novas e dos edifícios torna cada vez mais necessária uma ventilação apropriada. A necessidade de se ventilar os espaços está diretamente associada ao conforto termo-higrométrico dos seus ocupantes e à qualidade do ar interior, é preciso ter em consideração que o metabolismo dos ocupantes, as atividades desenvolvidas e os equipamentos instalados, para além de constituírem ganhos internos, degradam a qualidade do ar interior. Para além do conforto dos ocupantes, a ventilação dos espaços é fundamental para prevenir o aparecimento de patologias provocadas pelo ar saturado, tais como o aparecimento de bolores e fungos que contribuem e até aceleram o processo de degradação dos materiais.

Para além do simples ato de abrir uma janela, atualmente no mercado existem uma grande variedade de sistemas de caixilharia que permitem a ventilação do espaço sem que os vãos estejam abertos, são sistemas de ventilação inseridos nos perfis que permitem uma ventilação descentralizada, uma troca de ar controlada sem ser preciso abrir a janela, o que proporciona um clima interior e qualidade do ar ótimos.

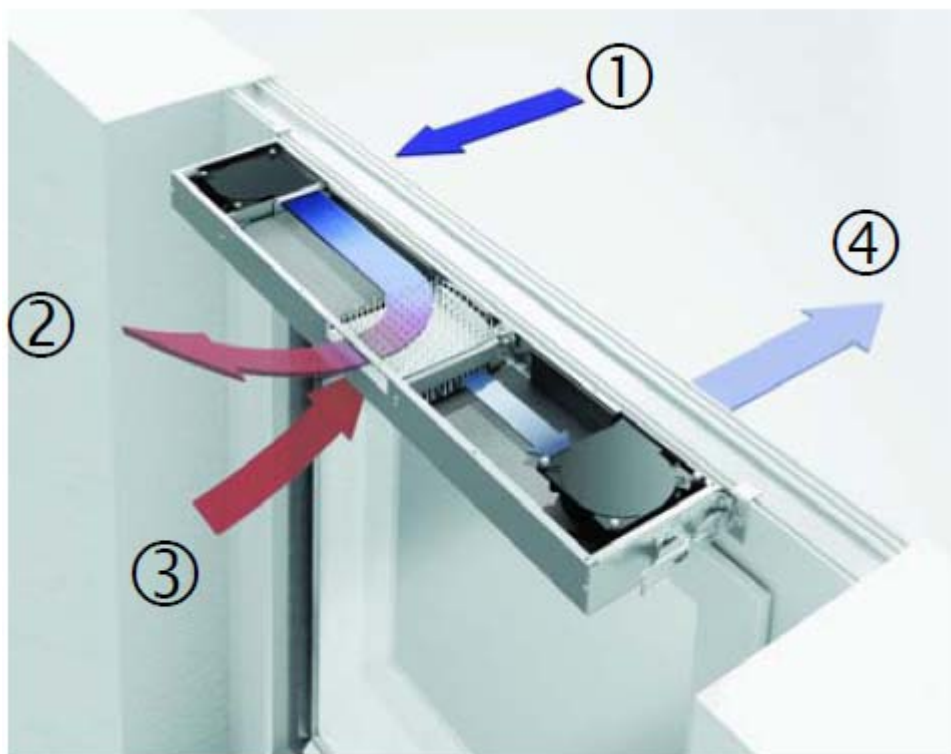


Figura 25- Sistema de ventilação integrado na caixilharia (Schuco, 2011)



Figura 26– Sistema de ventilação integrado na caixilharia (Schuco, 2011)

No que toca aos vãos, existe uma grande variedade de escolha para os diversos componentes que os constituem (caixilharia, vidro), existindo ainda uma panóplia de diversos tratamentos e sistemas de abertura que conferem aos vãos uma variedade enorme por onde se pode escolher tendo em conta os condicionalismos e requisitos existentes. Enumeramos em seguida algumas possibilidades dos diversos componentes dos vãos:

1. Caixilharia

- **Madeira** – é um material com bom isolante térmico e acústico, no entanto, é um material com bastante sensibilidade às alterações climáticas, o que provoca contrações, dilatações e empenos na madeira, obrigando a manutenções periódicas e até a substituições;
- **Alumínio** – é um material excelente em termos de resistência, não necessitando de manutenção regular, no entanto é um material com fracos índices de isolamento térmico;
- **PVC** – pelas suas características isolantes, térmicas e acústicas, bem como pela sua resistência, este material garante excelentes resultados finais;
- **Mista** – embora menos comum, é possível conjugar caixilharia de madeira com alumínio ou PVC. Desta forma, obtêm-se janelas bem isoladas, mais resistentes e duradouras.

2. Vidro – A escolha do tipo de vidro está relacionada com a orientação geográfica da janela, o isolamento acústico pretendido e a proteção desejada. Atendendo a estes fatores, é possível escolher entre:

- **Simple** – sem qualquer tipo de tratamento;
- **Duplos** – sistema estanque de duas chapas de vidro em paralelo, deixando um espaço no interior que geralmente é preenchido com um gás inerte;
- **Texturados** – os acabamentos que se podem dar a um vidro são infinitos, do martelado aos mais elaborados com desenhos, tudo é possível.

3. Tratamento - O que determina as características de cada vidro é o tratamento a que este é sujeito após a fundição. Em função do resultado pretendido é possível escolher entre:

- **Temperado** (endurecido) – muito resistente, este vidro é indicado para a chapa exterior dos vidros duplos
- **Laminado** (anti-vândalo) – a vantagem é que não estilhaça ao partir e é muito resistente. Aconselha-se o uso deste tipo de tratamento nas chapas interiores dos vidros duplos;

- **Auto-limpeza** – é possível tratar a superfície do vidro de modo a que sempre que corra água sobre a janela, as sujidades desaparecem automaticamente, sem precisar de esfregar.

4. **Modelo** – Atendendo a questões estéticas e de espaço, é possível escolher o tipo de janela mais adequado, em função deste fatores, é possível escolher entre:

- **Basculantes** – ideais para sótãos, podem ser instaladas na vertical ou em planos inclinados, como é o caso dos telhados. Estas janelas giram em 180° sobre si mesmas, tanto na horizontal como na vertical.
- **Batentes** – abrem de dentro para fora ou no sentido inverso. Em função do espaço disponível.
- **Correr** – ideais para grandes superfícies. As janelas deslizam na horizontal, não ocupando espaço. No entanto, não permite a abertura na totalidade, para além de que os índices de isolamento são baixos.
- **Fixas** – nunca se abrem..
- **Guilhotina** – compostas por dois elementos, possuem uma porta fixa superior enquanto a parte inferior desliza na vertical.
- **Mistas** – a posição do puxador determina a escolha entre o sistema basculante ou de batente.
- **Pivotantes** – funcionam como um acordeão, ao abrirem, as diversas portas juntam-se numa das extremidades.
- **Projetantes** –abrem para o exterior na vertical (sistema inverso ao basculante), não interferindo com o espaço interior.

5. **Isolamento** – janelas bem isoladas são fundamentais para garantirem bons índices de isolamento da habitação. Em função do resultado pretendido é possível escolher entre:

- **Térmico** – um tratamento adequado das chapas de vidro duplo, impede a entrada de calor no Verão. Paralelamente, a utilização de gases inertes no seu interior aumenta a capacidade de retenção de calor no Inverno, no interior da casa.
- **Acústico** – num vidro duplo a utilização de chapas de espessuras diferentes provoca um isolamento superior. A ligação entre as chapas de vidro, o caixilho e a estrutura do edifício são igualmente importantes, no sentido de se minimizarem as transmissões de ruído por vibração.

Existem um conjunto de especificações que poderão melhorar alguns aspetos térmicos dos vidros, como a utilização de determinados gases na caixa-de-ar, que conferem menores

coeficientes de transmissão térmica aos vãos, assim como a utilização de vidros coloridos e vidros com películas de baixa emissividade.

Uma característica preponderante para otimizar o comportamento térmico dos vãos de uma edificação, é a utilização de sistemas de sombreamento. De facto, a colocação de sistemas de sombreamento nos edifícios de habitação é fundamental, uma vez que o não controlo dos ganhos solares durante a estação de arrefecimento traria níveis elevadíssimos para as necessidades nominais de energia útil de arrefecimento. Já no que toca à estação de aquecimento, é fundamental que a orientação e dimensão destes sistemas, tirando partido do novo movimento do Sol ao longo do dia, permitam a incidência da luz solar no interior da edificação, constituindo deste modo num ganho solar. Existem diferentes meios de sombreamento, desde fixos (palas), estores, telas, portadas, aos sistemas constituídos por vegetação, que no caso de utilização de plantas de folha caduca, como é o caso de algumas trepadeiras, permite de uma forma natural o sombreamento sobre os vãos envidraçados durante o Verão, e permite a entrada dos raios solares no interior da habitação durante o Inverno. A má aplicação de um sistema de sombreamentos fixos, pode inviabilizar a obtenção de ganhos térmicos, quer na estação de aquecimento, quer na estação de arrefecimento, pelo que a quando da sua aplicação, questões de orientação e inclinação solar devem estar perfeitamente acauteladas. Relativamente aos sistemas de sombreamento mais utilizados, vale a pena salientar que as portadas permitem eliminar as caixas de estores das fachadas dos edifícios, eliminando também, as pontes térmicas associadas a estes elementos (Chvatal, 2007). A questão da orientação dos vãos, é sem dúvida uma das questões mais importantes para estes elementos. A orientação Sul para os vãos envidraçados melhora substancialmente o desempenho térmico da edificação, sendo a orientação Norte, por sua vez, a orientação de vãos que conduz a um maior consumo de energia para climatização dos edifícios. As orientações Este e Oeste, embora menos nefastas do que a Norte, acarretam um aumento das necessidades nominais de energia útil para arrefecimento (Sirgado, 2010).

2.2.2 Envolvente exterior horizontal

A cobertura é o elemento constituinte da edificação, que mais tardou a ser desenvolvido, sendo que as soluções construtivas apenas começaram a ser desenvolvidas no início do século XX, fruto do aparecimento de novos materiais impermeáveis, que para além de simplificarem os processos construtivos, permitiram, através de um plano horizontal perfeito, o remate dos edifícios, agradando assim aos Arquitectos.

Atendendo ao facto de que a análise efetuada recaiu sobre um edifício multifamiliar com cobertura plana, optou-se por apenas analisar as soluções de cobertura plana, deixando as soluções de coberturas inclinadas fora da análise.

De facto, as coberturas planas, representaram um grande avanço em termos de soluções construtivas, o que fez com este tipo de coberturas tivesse uma aceitação e uso generalizado. Não descorando de fatores como a simplicidade de execução de processos e da maior economia na execução deste tipo de coberturas, referimos que o fator mais preponderante na aceitação deste tipo de solução, foi o fator sociológico. Le Corbusier sustentava esta questão na sua “Unité d’habitation”, em Marselha, como a nova e melhor forma de utilizar a “machine à vivre”. O facto de este tipo de solução permitir o uso e o aproveitamento do espaço, para circulação de pessoas e de instalação de equipamento, contribuiu para a aceitação generalizada deste tipo de solução.

As coberturas planas são classificadas mediante diversos fatores, nomeadamente quanto à acessibilidade, quanto à camada de proteção da impermeabilização, entre outros, sendo de destacar o parâmetro de classificação quanto ao posicionamento do isolamento térmico face à camada de impermeabilização, classificando estas como Coberturas Planas Tradicionais, ou como Coberturas Planas Invertidas.

A aplicação do isolamento térmico numa cobertura plana tradicional (isolamento térmico sob a camada de impermeabilização) acarreta uma série de fatores que poderão acelerar o desgaste do sistema de impermeabilização, uma vez que ao ser aplicado por cima do isolamento térmico, o sistema de impermeabilização fica exposto a fatores de desgaste, tais como:

- “Choque Térmico”, diário e sazonal;
- Danos mecânicos, sobretudo durante a fase de obra;
- Degradação por radiação ultravioleta;

Foi aliás o primeiro ponto, que promoveu o aparecimento das coberturas planas invertidas. Nestas, ao inverterem-se as posições relativas dos sistemas de impermeabilização e de isolamento térmico (o isolamento térmico é colocado sobre a camada de impermeabilização), permite-se o aumento da durabilidade de qualquer sistema de impermeabilização.

Na figura 2.21 estão indicadas as variações de temperatura da impermeabilização nos casos de cobertura tradicional e invertida. Através destas, pode-se verificar que as variações de temperatura da impermeabilização no sistema invertido são substancialmente inferiores às que se verificam na cobertura tradicional. (Lopes, 1995).

Para além disso, numa cobertura invertida, há um outro conjunto de vantagens, a saber:

- O sistema de impermeabilização desempenha também o papel de barreira pára-vapor, uma vez que está situado sob o isolamento térmico, evitando assim a execução de uma barreira pára-vapor como acontece na cobertura tradicional;

- O isolamento térmico pode ser aplicado sob qualquer condição meteorológica, o que permite uma maior rapidez de execução;

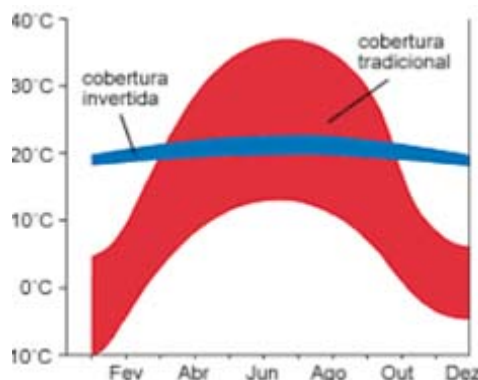


Figura 27– Perfil de temperaturas (Dow, 2011)

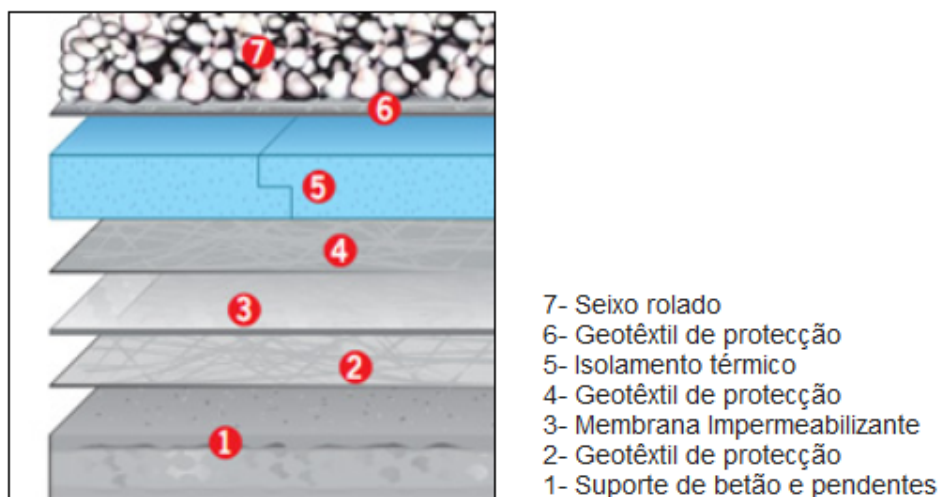


Figura 28– Constituição tipo de uma Cobertura Plana Invertida com acabamento em seixo rolado (Dow, 2011)

Este tipo de coberturas, para além de apresentarem um bom desempenho e durabilidade, facilita também a execução de trabalhos de manutenção, no entanto, é nas zonas de encontro com as platibandas, onde haverá maior probabilidade de ocorrerem patologias, neste tipo de remates, é fundamental a correta execução e aplicação de todos os componentes necessários. É essencial garantir-se a estanquidade na zona de “entrega” da tela de impermeabilização, sendo este remate geralmente executado através da aplicação de um perfil, ou através da execução de roço para permitir embutir a membrana impermeabilizante, como é o caso da imagem seguinte:

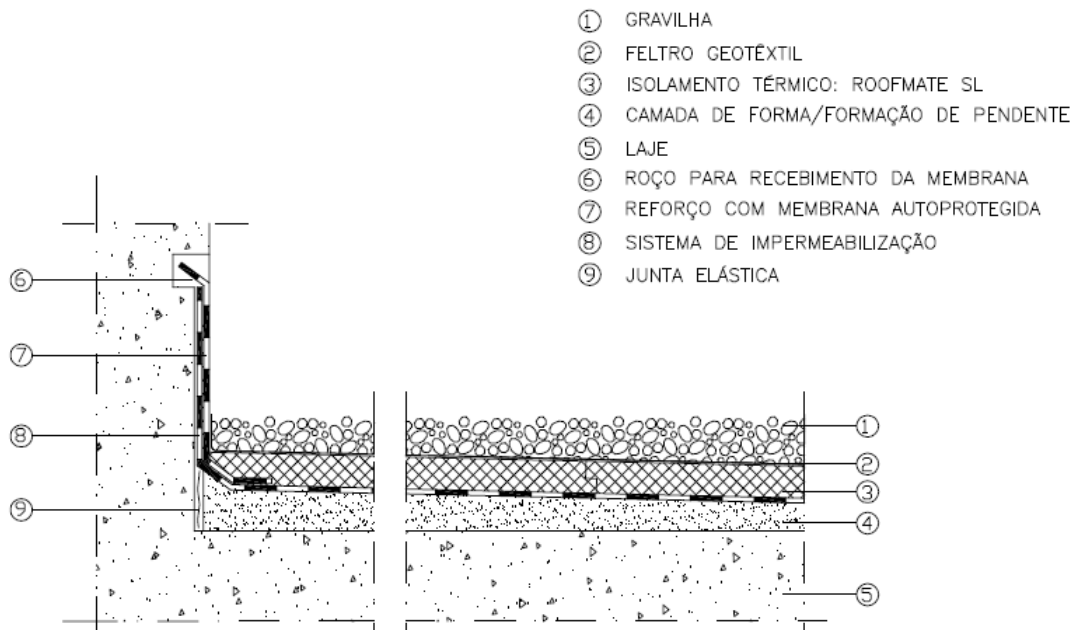


Figura 29– Constituição tipo de uma Cobertura Plana Invertida com pormenor de remate na zona da platibanda (Carlos Pereira, 2011)

3 EDIFÍCIO EM ANÁLISE

O edifício em estudo é constituído por um total de três pisos (cave, piso térreo e primeiro piso), tendo sido idealizado com o propósito de albergar Frações de comércio no Piso Térreo e Apartamentos para habitação no Primeiro Piso, sendo a Cave destinada para garagens e espaços de arrumos. Devido ao facto de o Piso Térreo ser destinado ao comércio, e atendendo ao fato de que o REH não se aplica a estes espaços, a análise térmica efetuada não contemplará este andar, a referida análise será apenas efetuada para uma fração do primeiro andar. Por sua vez, atendendo a que a Cave se destina a albergar garagens e espaços de arrumo, não foram considerados os fluxos térmicos distintos que estariam associados a cada uma das duas soluções construtivas proposta, sendo apenas analisado o risco de surgimento de patologias que cada solução acarretaria.

Ilustram-se seguidamente imagens 3D e plantas do referido edifício:



Figura 30– Vista 3D do Edifício (David Sousa, 2011)



Figura 31– Vista 3D do Edifício (David Sousa, 2011)



Figura 32– Vista 3D do Edifício (David Sousa, 2011)



Figura 33– Vista 3D do Edifício (David Sousa, 2011)



Figura 34– Vista 3D do Edifício (David Sousa, 2011)



Figura 35-Planta da cave do edifício (David Sousa, 2011)

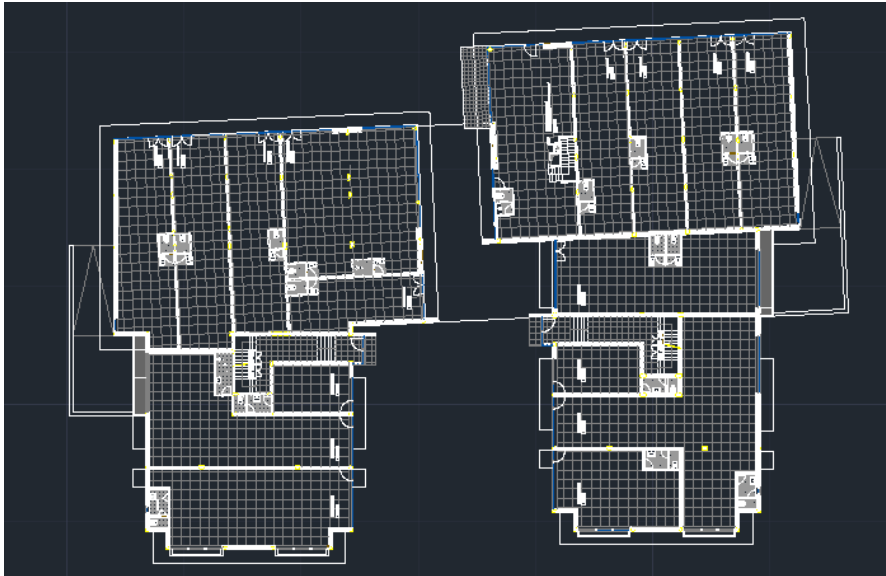


Figura 36– Planta do piso 0 (David Sousa, 2011)

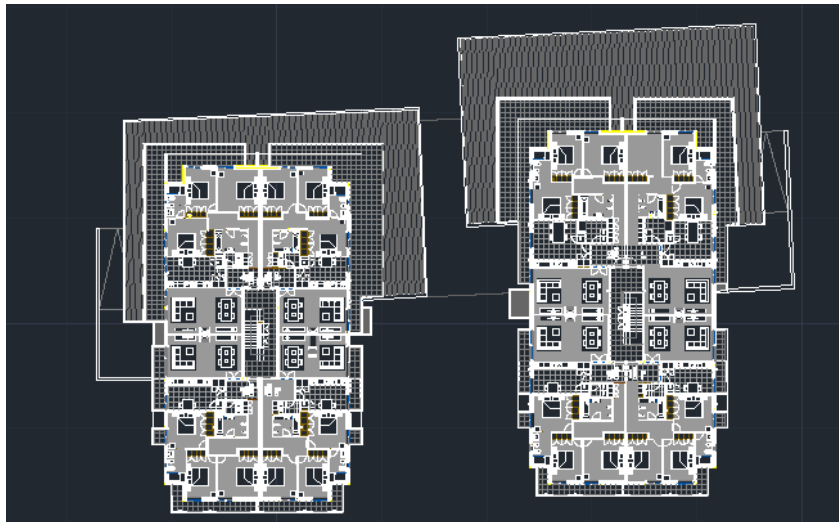


Figura 37– Planta do piso 1 (David Sousa, 2011)

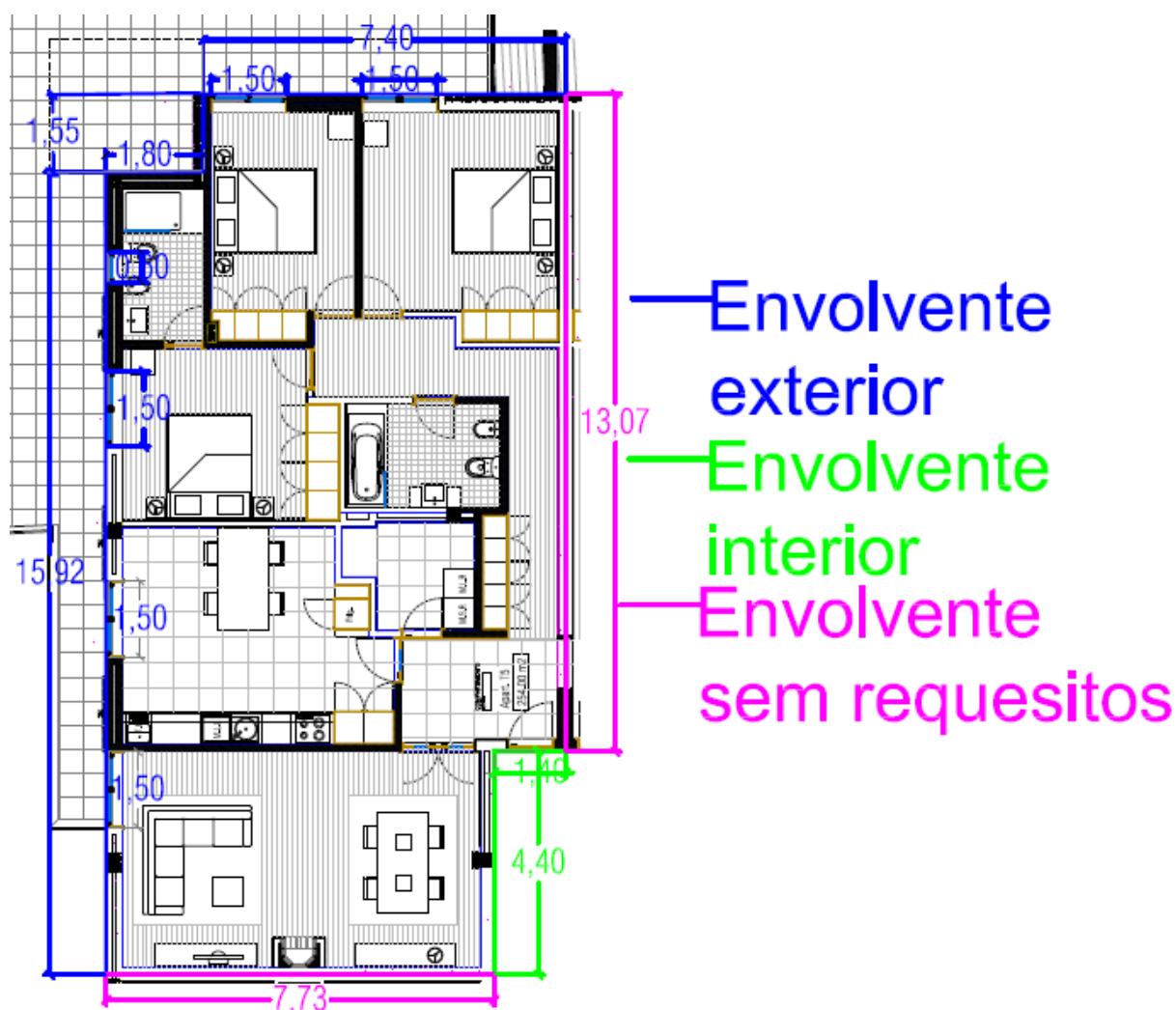


Figura 38– Planta da fração analisada (Própria, 2016)

O cálculo referente à Quantificação da inércia térmica da fração analisada, segue em anexo, sendo que o resultado desta quantificação revela que a fração analisada tem classe de inércia térmica média.

A análise das possíveis soluções construtivas, incidir-se-á sobre fatores que influenciam o custo de construção e de manutenção de condições de conforto térmico. Para a análise e obtenção de resultados, foram executadas estimativas orçamentais baseando-se nos preços unitários, que não incluem IVA, e articulados normalmente utilizados para descrever e orçar os trabalhos necessários.

A descrição das soluções construtivas escolhidas para a construção deste edifício, serão mais detalhadamente mencionadas no capítulo seguinte, no entanto, enunciamos sucintamente as diversas soluções analisadas:

1. CAVES:

- Muros de blocos com pórtico de betão armado,
- Muros executados em betão armado.

2. Envolventes Exteriores verticais:

- Solução de parede dupla (0.11+0.05+0.15), que constituirá a situação inicial;
- Solução de parede simples em bloco de 20cm, com 8cm de isolamento pelo exterior, que constituirá a medida de melhoria n.º1 (Mm1);
- Solução de parede simples em bloco de 20cm, com 6cm de isolamento exterior em espuma rígida de poliuretano (PUR) e pano exterior em tijolo maciço face à vista de 5 cm, que constituirá a solução alternativa para execução da medida de melhoria n.º1[Mm1(2)];
- Caixilharia sem corte térmico e com vidro simples, que constituirá a situação inicial;
- Caixilharia com corte térmico e com vidro duplo, que constituirá a medida de melhoria n.º3 (Mm3):

3. Envolventes Exteriores Horizontais:

- Cobertura em laje maciça com 3cm de isolamento colocado pelo exterior), que constituirá a situação inicial:
- Cobertura em laje maciça com 10cm de isolamento colocado pelo exterior, que constituirá a medida de melhoria n.º2 (Mm2).

Relativamente às soluções construtivas da envolvente exterior vertical, obviamente não esgotamos todas as soluções construtivas existentes no mercado, no entanto, as soluções com isolamento térmico pelo exterior, para além de serem as mais evoluídas atualmente, são passíveis de serem utilizadas quer em edifícios novos, quer em edifícios a reabilitar. Obviamente existe variedade dentro desta gama de soluções, no entanto, a sua diversidade está relacionada com a variedade de materiais utilizados, sendo o princípio e vantagens associadas idênticos.

Relativamente aos custos apresentados neste trabalho, estes fazem referência a trabalhos comuns no universo de obra, por conseguinte, é possível estimar com facilidade o seu custo, pois há várias equipas de tarefeiros habilitadas a desempenhar o trabalho, sendo que os custos dessas equipas não variam muito entre si. Inclusivamente no universo de obra, a realização deste tipo de trabalhos mais simples, raramente são faturados em sede própria, sendo a sua faturação preferencialmente englobada em outros pontos constantes no mapa de quantidades da obra, ou no limite, são diluídos no valor da mais-valia associada à execução dos trabalhos, sendo raramente discriminados.

4 SOLUÇÕES DE PROJECTO IDEALIZADAS PARA O EDIFÍCIO EM ANÁLISE E CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

4.1 Caves/Fundações

Sendo os elementos de fundação e estrutura executados em betão armado, é no que toca aos muros enterrados que os processos construtivos diferem um pouco. A execução destes muros varia predominantemente entre dois tipos:

- Muros de blocos com pórtico de betão armado,
- Muros executados em betão armado.

Faremos de seguida uma análise comparativa a estas duas soluções construtivas apresentadas, onde procuraremos fazer uma análise aos detalhes e aos encargos financeiros na sua execução, procurando-se deste modo expor os pós-e-contras de cada solução.

4.1.1 Muros de blocos com pórtico de betão armado:

Este tipo de muros de caves constituídos por blocos confinados por pórticos de betão armado eram, até há bem pouco tempo, o método mais utilizado para a realização deste tipo de muros, uma vez que a sua execução não necessitava de mão-de-obra e nem de equipamentos especializados, o que fazia com que o seu custo de execução fosse inferior em comparação com outras soluções.

Neste tipo de muros, é prática comum executar-se uma solução de “parede dupla”, ou seja executa-se no interior do edifício uma segunda parede em tijolo, permitindo assim a execução de uma caixa-de-ar e respetiva caleira. Esta necessidade advém do facto do muro de blocos apresentar uma impermeabilidade insuficiente para impedir a infiltração de águas freáticas presentes nos terrenos de encosto, o que provoca a necessidade de se executar esta meia cana para recolha da água infiltrada.

A questão da impermeabilidade constitui aliás o maior defeito deste tipo de muros, uma vez que a descontinuidades de material origina, por si só, vias de infiltração de água. A impermeabilização é geralmente executada através da aplicação de membranas impermeabilizantes no tardo do muro, ou seja, a impermeabilização só é conseguida com a aplicação de materiais com melhores características impermeabilizantes. Nas fotos seguinte procura-se demonstrar o problema exposto:



Figura 39– Muros em blocos de cimento confinado por pórticos de betão armado (Própria, 2011)

Ou seja, a execução deste tipo de muros implica a execução de trabalhos extra de impermeabilização, uma vez que o muro, por si só, não detém capacidade de impermeabilização suficiente. Este facto faz com que ao custo inicial de execução destes muros, se deva acrescentar os custos inerentes à execução destes trabalhos de impermeabilização.

Erradamente em muitos casos, como se pode ver nas fotos apresentadas, os problemas de infiltração são desprezados e negligenciados, importa salientar que é de extrema importância tratar e impedir este tipo de patologias, uma vez que por fenómenos de ascensão por capilaridade, a humidade não afeta apenas os pisos subterrâneos, mas também os pisos superiores, danificando todo o tipo de revestimentos. Por maior qualidade que os revestimentos detenham, nenhum consegue resistir à presença continua de água, ou seja, ao não se impermeabilizar devidamente os elementos de fundação, estaremos a hipotecar seriamente a durabilidade destes revestimentos.

No que toca às impermeabilizações deste tipo de muros, há ainda que fazer referência à dificuldade de aplicação de impermeabilizações. A maioria das impermeabilizações são executadas com a aplicação de membranas impermeáveis, ou seja, a existência de uma base lisa e desempenada é de extrema importância para uma correta aplicação, algo que geralmente não sucede neste tipo de muros, uma vez que a superfície apresenta normalmente empenos e rugosidade excessiva, havendo a necessidade de se efetuar um tratamento prévio da superfície. Em termos de impermeabilizações, existem uma grande variedade de produtos à disposição no mercado, desde telas pitonadas, telas asfálticas, emulsões betuminosas (estas são na maior parte dos casos utilizadas em complemento às telas mencionadas anteriormente), entre outras. Ilustra-se em seguida alguns dos produtos referidos:



Figura 40– Sistema de impermeabilização (Lwart, 2011)

Para a execução de um correto sistema de impermeabilização, este tipo de materiais devem ser utilizados/inseridos num sistema de impermeabilização mais completo, que abrange não só mecanismos passivos (telas impermeabilizantes), mas também mecanismos ativos, como o caso dos sistemas de drenagem, constituído por drenos, geotêxtil e camadas granulares.

Na figura seguinte, ilustrar-se o processo de execução de um sistema de impermeabilização:



<< Muros e Caves Enterradas

- Etapa 1 – Construção do muro ou parede;
- Etapa 2 – Revestimento com emulsão betuminosa;
- Etapa 3 – Colocação da tela asfáltica;
- Etapa 4 – Fixação da membrana drenante;
- Etapa 5 – Aplicação do geotêxtil e do tubo de drenagem;
- Etapa 6 – Colocação da terra.

Figura 41– Sistema construtiva de uma parede enterrada (Fibrosom, 2011)

Por mais cuidados e qualidade que se empregue na execução de trabalhos de impermeabilização, a probabilidade de se encontrarem infiltrações é relativamente elevada.

Facilmente se percebe que o excesso de rugosidade do muro pode comprometer a integridade deste tipo de materiais impermeabilizantes já por si só frágeis.

Um ponto frequentemente negligenciado é o da drenagem das águas freáticas dos terrenos de encosto. Quer por dificuldades em termos de cotas, quer por negligência, a questão da drenagem é frequentemente ignorada, no entanto, uma correta drenagem é fundamental, quer para potenciar os bons resultados de impermeabilização, reduzindo o impulso hidráulico sobre o muro, quer para promover uma maior conservação destes materiais.

Em termos de custos, apresentamos em seguida um quadro onde se faz uma estimativa do custo, atendendo aos custos correntes de mercado, e sem contabilizar o IVA, de execução deste tipo de solução para o edifício em análise. Em termos de dimensões (espessura, altura e comprimento), foi preconizado uma altura de 3m, espessura total de 0,35m, e um comprimento de 260m, foi ainda considerado que o muro teria uma caixa-der-ar de 0.3m, os pilares teriam de secção quadrada com 0,25m de dimensão e uma altura de 3m. Considerou-se ainda que as sapatas de fundação destes muros teriam 1,4m de largura e uma altura de 1m, assentes numa camada de betão de limpeza de 0,10m. Na execução desta tabela procurou-se utilizar os articulados tipo que geralmente designam todos os materiais e trabalhos necessários à execução destes elementos.

Quadro 2- Custos de construção da solução construtiva de paredes enterradas (Própria, 2011)

Muros periféricos de cave em blocos de cimento (50x20x25) e estrutura porticada				
Dimensões		Espessura (m)	0,25	
		Comprimento(ml)	260	
		Altura (m)	3	
		Nº Pilares (25x25)	53	
		Vigas com (25x30)		
Designação	Un	Quant.	Preço unitário	Importância
Estrutural				
BETÃO DE LIMPEZA				
Fornecimento e colocação de betão de regularização da classe C12/15 sob fundações de betão armado, com uma espessura mínima de 10cm, incluindo carga transporte, descarga, espalhamento e todos os trabalhos necessários à sua boa execução, de acordo com os pormenores do projecto e especificações do Caderno de Encargos.				
Em Sapatas, Lintéis e Rampas	m³	36,40	75,84€	2 760,58€
BETÃO DE SAPATAS + ARMADURA				
Fornecimento e colocação de betões da classe C25/30.S2.EC2.D25 hidrófugado em elementos enterrados, armado com aço A400NR, em sapatas elementos de fundação, incluindo armadura e todos os trabalhos e fornecimentos necessários à sua execução, de acordo com as condições técnicas do Caderno de Encargos e respectivos desenhos de pormenor.				
Sapatas contínuas	m³	364,00	122,18€	44 473,52€
BETÃO PILARES + ARMADURA				
Fornecimento e colocação de betão da classe C25/30.S2.EC2.D25 armado com aço A400NR, em pilares, incluindo armaduras e todos os trabalhos e fornecimentos necessários à sua execução, de acordo com as condições técnicas do Caderno de Encargos e respectivos desenhos de pormenor.	m³	9,94	208,17€	2 068,69€
BETÃO VIGAS + ARMADURA				
Fornecimento e colocação de betão da classe C25/30.S2.EC2.D25 armado com aço A400NR, em vigas, incluindo armaduras e todos os trabalhos e fornecimentos necessários à sua execução, de acordo com as condições técnicas do Caderno de Encargos e respectivos desenhos de pormenor.	m³	18,51	177,70€	3 288,56€
COFRAGEM				
Fornecimento e colocação de cofragem da classe A3, incluindo todos os trabalhos e fornecimentos necessários à sua execução, de acordo com as condições técnicas do Caderno de Encargos e respectivos desenhos de pormenor.	m²	888,74	12,94€	11 500,26€
Sapatas		520,00		
Pilares		159,00		
Vigas		209,74		

4.1.2 Muros de caves em betão armado

Esta opção de muros de betão armado, constitui uma solução bem mais eficaz no que toca à impermeabilização das caves das edificações, uma vez que a sua execução é feita de um modo continuado, eliminando assim o problema da descontinuidade de materiais. O facto de estes muros serem feitos em betão armado, permite que através de uma vibração eficaz se obtenha já um bom grau de impermeabilização, uma vez que a vibração do betão vai proporcionar a obtenção de uma capilaridade e de uma porosidade muito menores, para além de permitir a obtenção de uma base muito mais regular para a aplicação de materiais impermeabilizantes, fatores determinantes para o sucesso deste tipo de solução. Na figura seguinte ilustra-se um pormenor tipo da execução deste tipo de elementos:

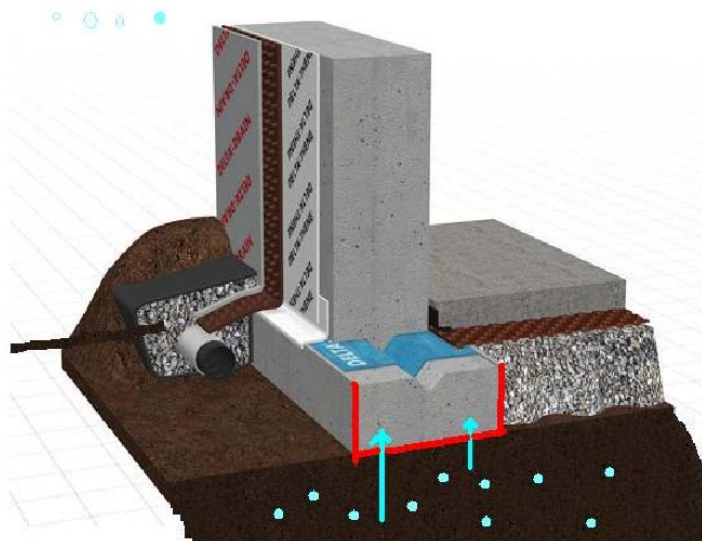


Figura 42– Sistema construtivo de um muro enterrado (Delta-Drain, 2011)

Importa ressaltar novamente esta ideia de que os sistemas de impermeabilização passivos (membranas impermeabilizantes) e ativos (geodrenos), devem fazer parte de um mesmo sistema de impermeabilização, uma vez que estes complementam-se, potenciando a obtenção melhores resultados do sistema, contribuindo para uma impermeabilização mais eficaz e duradoura.

Uma outra vantagem deste tipo de muros, é o facto de nos casos de uma execução cuidada, o acabamento obtido é na maior parte dos casos muito satisfatória, havendo até Coordenadores de Projeto que em muitos casos optam por não aplicar nenhum tipo de revestimento, preferindo apenas fazer um pequeno tratamento à face do betão, através de uma aplicação de um

hidrorrepelente ou de uma tinta para que o aspeto se mantenha inalterado ao longo do tempo. Este é um fator a ter em grande consideração, pois para além de permitir uma poupança direta (a não execução de revestimento), permite ainda uma poupança em termos de tempo de execução, que apesar de ser difícil de quantificar, é sempre um fator a ter em grande consideração.

Em termos de custos, apresentamos em seguida uma tabela onde se faz uma estimativa do custo de execução deste tipo de solução (muro de betão armado) para o edifício em análise. Mais uma vez, nesta quantificação, teve-se em consideração não só todos os materiais necessários, mas também os trabalhos necessários à sua execução. Em termos de dimensões (espessura, altura e comprimento), foi preconizado uma altura de 3m, espessura de 0,30m, e um comprimento de 260m. Considerou-se ainda que as sapatas de fundação destes muros teriam 1,4m de largura por 1m de altura, assentes numa camada de betão de limpeza de 0,10m de espessura. Na execução desta tabela procurou-se utilizar os articulados tipo que geralmente designam todos os materiais e trabalhos necessários à execução destes elementos, sendo os preços unitários apresentados, baseados na experiência adquirida em obra ao longo dos anos.

Quadro 3- Custos de construção da solução construtiva de muro enterrado (Própria, 2011)

Muros periféricos de cave em betão armado				
Dimensões		Espessura (m)	0,3	
		Comprimento(ml)	260	
		Altura (m)	3	
Designação	Un	Quant.	Preço unitário	Importância
Estrutural				
BETÃO DE LIMPEZA				
Fornecimento e colocação de betão de regularização da classe C12/15 sob fundações de betão armado, com uma espessura mínima de 10cm, incluindo carga transporte, descarga, espalhamento e todos os trabalhos necessários à sua boa execução, de acordo com os pormenores do projecto e especificações do Caderno de Encargos.				
Em Sapatas	m3	36,40	75,84€	2.760,58€
BETÃO DE SAPATAS + ARMADURA				
Fornecimento e colocação de betões da classe C25/30.S2.EC2.D25 hidrófugado em elementos enterrados, armado com aço A400NR, em sapatas elementos de fundação, incluindo armadura e todos os trabalhos e fornecimentos necessários à sua execução, de acordo com as condições técnicas do Caderno de Encargos e respectivos desenhos de pormenor.				
Sapatas contínuas	m³	364,00	122,18€	44.473,52€
BETÃO DO MURO + ARMADURA				
Fornecimento e colocação de betão da classe C25/30.S2.EC2.D25 armado com aço A400NR, em paredes, incluindo armaduras e todos os trabalhos e fornecimentos necessários à sua execução, de acordo com as condições técnicas do Caderno de Encargos e respectivos desenhos de pormenor.	m³	234,00	215,23€	50.363,82€
COFRAGEM				
Fornecimento e colocação de cofragem da classe A3, incluindo todos os trabalhos e fornecimentos necessários à sua execução, de acordo com as condições técnicas do Caderno de Encargos e respectivos desenhos de pormenor.	m²	2.080,00	12,94€	26.915,20€
Sapatas		520,00		
Paredes		1.560,00		

Impermeabilização				
Fornecimento e execução de isolamento e impermeabilização de paredes enterradas, constituído por tela Esterdan 40P elastómero, Tefon protegido em ambas as faces, por geotextil, incluindo todos os trabalhos necessários, de acordo com os pormenores do projecto e as especificações do Caderno de Encargos	m2	780,00	9,35€	7.293,00€
Fornecimento e assentamento de tubagem perfurada em PVC corrugado, revestido com geotêxtil, para rebaixamento de nível freático, a instalar em muros de suporte, junto à base de fundação, considerando envolvimento de tubagem em camada de material granular britado 25/50 com altura média de 25cm, nos seguintes diâmetros.				
- DN 110	ml	260,00	10,39€	2.701,40€
Custo total de execução				134.507,52€

A partir destas duas estimativas orçamentais apresentadas, consegue-se aferir que a diferença de custos entra as duas soluções é de 31.714,69€ (134.507,52-102.793,28€).

À primeira vista, tende-se a concluir que a solução de muros de blocos com pórtico de betão armado é melhor, no sentido em que se poupa uma quantia substancial, no entanto deve-se ponderar todos os riscos associadas. Sendo certo que a solução de blocos é mais barata, também é certa que é a solução de maior risco, uma vez que em caso de falha do sistema de impermeabilização, o muro de blocos não constituirá qualquer impedimento à entrada de água na edificação, ao contrário do muro de betão armado, que por si só tem alguma capacidade de impermeabilização.

Na decisão final, deve-se ter em consideração não só esta poupança inicial, de cerca de trinta e dois mil euros, mas também todos os riscos associados, para tentar perceber se vale ou não a pena correr os riscos que esta escolha acarreta. Cabe aos Engenheiros Cívicos, enquanto técnicos especializados, analisar e expor todos os riscos que poderão inviabilizar que esta poupança inicial se torne numa poupança efetiva. Expor e clarificar os Clientes, que esta poupança em elementos de fundação não tem uma expressão significativa no custo da obra que justifique o risco de optar por uma solução menos fiável.

A título de exemplo, ilustra-se na tabela seguinte os custos associados apenas com os movimentos de terra que seriam necessários efetuar para se poder executar trabalhos de reparação no sistema de impermeabilização dos muros da cave do edifício em estudo:

Quadro 4- Custos de movimentação de terras para execução de reparações no sistema de impermeabilização (Própria, 2011)

Designação	Un	Quant.	Preço unitário	Importância
Considerando-se a necessidade de se escavar uma faixa de 2m para execução de trabalho e com uma profundidade de 3m, em todo o perímetro do edifício (260m).				
	m ³	1560	12,09€	18.860,40 €

Ou seja, só com a realização destes trabalhos de movimentação de terra, a poupança inicial de 31.714,24€, reduziria para apenas 12.853,84€.

Por outro lado, caso houvesse necessidade de se executar de novo todo o sistema de impermeabilização do muro (aplicação de telas), isto implicaria um custo de 7.293,00€, o que somando ao custo de movimentação de terras, perfaria um total de 26.153,40 €, o que reduziria a poupança inicial de 31.714,24€, para apenas 5.560,84€.

A estes números, ainda se deveria somar as indemnizações a estragos provocados e, caso fosse quantificável, os custos associados à quebra de confiança entre Cliente e Construtor/Promotor, algo difícil de quantificar, mas igualmente importante no mercado da construção.

Perante o exposto, demonstra-se que uma poupança inicial pode não se tornar numa poupança efetiva, e que na hora da decisão deve-se ter em consideração não só os custos imediatos, mas também os custos a médio e longo prazo. Deve-se procurar escrutinar estes valores de poupança inicial, e alertar os Clientes para este facto de que uma poupança inicial pode não se tornar numa poupança efetiva, ou no limite, não compensar o risco, e que a escolha de uma má solução construtiva pode acarretar custos e transtornos desnecessários.

4.2 Envolventes Exteriores verticais

As envolventes exteriores dos edifícios assumem um papel preponderante no comportamento das edificações, quer em termos acústicos, quer em termos térmicos, tendo-se por isso assistido ao longo das últimas décadas a uma evolução do modo de execução destes elementos através da aplicação de novos materiais, e de novas técnicas, impulsionadas pela aplicação de novas exigências, nomeadamente térmicas, através a entrada de regulamentação específica, como é o caso do RCCTE (Decreto-Lei nº80/2006 de 4 de Abril), Regulamento este que viria a ser substituído pelo REGULAMENTO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DOS EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO – REH (Decreto-Lei n.º118/2013 de 20 de Agosto). Também o facto destes elementos constituírem uma importante parcela nos custos de construção das edificações, fez

com que houvesse um cuidado maior na pesquisa de novos materiais e técnicas para a sua execução, uma vez que é um dos elementos com maior incidência de patologias ao longo da vida útil das edificações.

O desenvolvimento das sociedades trouxe novos hábitos e exigências para estes elementos, realçando-se o melhoramento das condições térmicas do interior das edificações e os consequentes consumos energéticos na sua climatização.

Atendendo a todas estas preocupações, procurou-se neste trabalho realizar um estudo comparativo das soluções construtivas mais utilizadas, a fim de se quantificarem as vantagens e desvantagens de cada solução, de modo a elaborar um raciocínio lógico que pudesse auxiliar o processo de decisão relativamente à solução construtiva a adotar.

4.2.1 Vãos envidraçados

Devido ao facto de os vãos serem constituídos por materiais completamente diferentes, como é o caso do vidro e do alumínio, é necessário ter-se em consideração as características específicas de cada um, uma vez que as condutibilidades térmicas (U) destes dois materiais são completamente diferentes, sendo a do vidro $1,2 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$, e a do alumínio de $230 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$.

Nos cálculos efetuados, os coeficientes de condutibilidade térmica (U), foram retirados da publicação ITE50 do LNEC.

O ponto referente à poupança nos gastos de climatização da edificação, constituirá o ponto fulcral da análise, demonstrar até que ponto, um investimento maior em termos de qualidade térmica da caixilharia e respetivo vidro, permite através de um fluxo térmico menor, a obtenção de uma poupança efetiva ao longo dos anos.

Na realização deste trabalho, foram analisadas duas soluções construtivas:

- Caixilharia sem corte térmico e vidro simples, que constituirá a situação inicial;
- Caixilharia com corte térmico e vidro duplo, que constituirá a medida de melhoria n.º3 (Mm3)

Nos quadros seguintes, evidencia-se a diferença de custos das duas soluções construtivas analisadas:

Quadro 5- Custos da caixilharia sem corte térmico e com vidro simples (Própria, 2016)

Caixilharia simples com vidro simples				
Designação	Un	Quant.	Preço unitário	Importância
Fornecimento, transporte e montagem de vãos exteriores fixos tipo "Arquial", com vidro simples incolor laminado em ambas as faces, reforços estruturais necessários à perfeita fixação, acabamento, todas as ferragens e acessórios, necessários à execução conforme as recomendações do fabricante, pormenores do projecto, mapa de vãos e as especificações técnicas do Caderno de Encargos.	m2	15,28	100,00€	1 528,00€
TOTAL				1 528,00 €

Quadro 6- Custos da caixilharia com corte térmico e com vidro duplo (Própria, 2016)

Caixilharia com corte térmico e com vidro duplo				
Designação	Un	Quant.	Preço unitário	Importância
Fornecimento, transporte e montagem de vãos exteriores tipo "SCHUCO", com vidro duplo incolor laminado em ambas as faces de 44.1 + câmara de 16mm + 33.1mm, com soleiras, reforços estruturais necessários à perfeita fixação, acabamento de acordo com as especificações ds projeto, todas as ferragens e acessórios, execução conforme as recomendações do fabricante, pormenores do projecto, mapa de vãos e as especificações técnicas do Caderno de Encargos.	m2	15,28	500,00€	7 640,00€
TOTAL				7 640,00 €

A partir destas duas estimativas orçamentais apresentadas, sem considerar o IVA, consegue-se aferir que a diferença de custo entra as duas soluções construtivas analisadas é de 6.112,0€.

Estes valores apresentados dizem respeito apenas aos custos associados à execução destas soluções, sendo que os custos inerentes ao maior ou menor isolamento destes elementos, serão apresentados de seguida, onde se determinarão as necessidades nominais de energia útil para aquecimento (N_{ic}) e para arrefecimento (N_{vc}), atendendo a cada solução construtiva aplicada

(caixilharia sem corte térmico e com vidro simples, e caixilharia com corte térmico e com vidro duplo).

Obviamente, estas duas soluções construtivas têm diferentes coeficientes de transmissão térmica, o que acarreta diferentes índices de isolamento afetando obviamente o cálculo térmico deste espaço. Estas diferenças em termos de isolamento térmico estão retratadas nos quadros seguintes:

Quadro 7- Condutibilidade térmica da caixilharia sem corte térmico e com vidro simples, (Própria, 2016)

VÃO ENVIDRAÇADOS EXTERIORES	Orientação	Área	Vão Envidraçado à Face Exterior da Parede?	Tipo de vidro	h				U _{wdn}
Descrição		m ²							W/m ² .°C
Vão envidraçado simples (incolor de 5mm) vertical caixilharia metálica com cortina interior opaca	Nordeste	6,00	Não	Simples					5,20
Vão envidraçado simples (incolor de 5mm) vertical caixilharia metálica com portada exterior não opaca	Noroeste	9,00	Não	Simples					4,80
wc- Vão envidraçado simples (incolor de 5mm) vertical caixilharia metálica com cortina interior opaca	Noroeste	0,28	Não	Simples					5,20

Quadro 8- Condutibilidade térmica da caixilharia com corte térmico e com vidro duplo, (Própria, 2016)

Vão envidraçado duplo (incolor de 4+5mm) vertical caixilharia metálica com cortina interior opaca	Nordeste	6,00	Sim	Duplo					3,30
Vão envidraçado duplo (incolor de 4+5mm) vertical caixilharia metálica com portada exterior não opaca	Noroeste	9,00	Sim	Duplo					3,10
wc- Vão envidraçado duplo (incolor de 4+5mm) vertical caixilharia metálica com cortina interior opaca	Noroeste	0,28	Sim	Duplo					3,30

Atendendo aos dois quadros apresentados anteriormente (quadro 7 e 8), foi possível calcular as necessidades nominais de energia útil para aquecimento (Nic) e para arrefecimento (Nvc), a quando da aplicação destas duas soluções construtivas. No quadro seguinte, determinasse, a diferença das necessidades de energia:

Quadro 9-Quadro com os resultados alcançados com as duas soluções construtivas analisadas, (Própria, 2016)

	Situação inicial	Mm3	diferencial situação inicial- Mm3
Nic (KWh.m ² /ano)	81,80	73,30	8,50
Nvc (KWh.m ² /ano)	7,00	6,90	0,10
Eficiência do equipamento de aquecimento			2,50
Energia elétrica necessária para aquecimento (KWh.m2/ano)			3,40
Eficiência do equipamento de arrefecimento			2,50
Energia elétrica necessária para arrefecimento (KWh.m2/ano)			0,04
Poupança de energia necessária para climatização (KWh.m2/ano)			3,44
preço unitário do Kw de energia (€)			
valor poupado em energia para climatização com a execução da medida de melhoria (€/ano)			79,28 €
Custo estimado de construção (€)	1528,00	7640,00	
Acréscimo de custo da solução de melhores características térmicas(€)		6112,00	
VAL		-5330,74	
PRS		77,1	
Situação inicial - envolve exterior constituída por parede dupla, laje com 3cm de isolamento e com caixilharia sem corte térmico com vidro simples Mm1 - execução de ETIC, com 8cm de isolamento, na envolvente exterior vertical Mm2 - colocação de isolamento de 10cm na envolvente exterior horizontal Mm3 - caixilharia metálica com corte térmico, vidro duplo, 6mm de lâmina de ar			

Relativamente a este quadro, temos a identificar a origem dos valores publicados, a saber:

1. Nic e Nvc – resultam do cálculo efetuado na folha de cálculo referente ao regulamento aplicado (REH), que segue em anexo;
2. Eficiência do equipamento de aquecimento – resulta da observação da tabela 06 do ponto 4 do despacho 15793-E/2013;
3. Energia elétrica necessária para aquecimento – é o quociente entre as necessidades nominais de energia útil para aquecimento (Nic), e o rendimento do equipamento de aquecimento;
4. Eficiência do equipamento de arrefecimento – resulta da observação da tabela 06 do ponto 4 do despacho 15793-E/2013;
5. Energia elétrica necessária para arrefecimento – é o quociente entre as necessidades nominais de energia útil para arrefecimento (Nvc), e o rendimento do equipamento de arrefecimento;
6. Poupança de energia necessária para climatização – resulta da soma entre a energia necessária para arrefecimento e a energia necessária para aquecimento (3+5);
7. Preço unitário de energia (0.1528€) – resulta da observação da fatura elétrica onde consta o preço unitário praticado no concelho de Barcelos, que segue em anexo;
8. Valor poupado em energia para climatização com a execução da medida de melhoria resulta da multiplicação: 6)*7)*área útil da fração analisada (150.82m²);

9. Custo estimado de construção – resulta do trabalho de orçamentação dos trabalhos necessários à execução da solução construtiva analisada, demonstrado nos quadros 5 e 6;
10. Acréscimo de custo – é a diferença entre os custos estimados para as duas soluções analisadas;
11. O Período de retorno simples (PRS) - resulta do quociente entre o acréscimo de custo da solução construtiva de melhores características térmicas e o valor poupado em energia para climatização com a execução da medida de melhoria (PRS=10/8).

Atendendo ao exposto neste quadro, pode-se concluir que, a medida de melhoria n.º3, que consiste na aplicação de caixilharia com corte térmico e vidro duplo, promove uma poupança de energia de 3.44 KWh*m2/ano, no entanto, atendendo aos custos envolvidos (acréscimo de custo na execução da medida de melhoria e valor poupado em energia com a mesma), torna-se necessário determinar se este investimento é ou não viável economicamente, esta determinação é feita através da determinação do valor atual líquido (VAL). Para esta análise foi determinado um período de análise de 20 anos.

Para a realização desta análise, foram necessários assumir alguns pressupostos, tal como os demonstrados no quadro seguinte:

Quadro 10- Pressupostos assumidos para determinação da taxa de atualização (Própria, 2014)

Taxa de atualização	9,24%
Rendimento real	4%
Prémio de risco	3%
Inflação	1,978%

Sendo o rendimento real e o prémio de risco fatores muito subjetivos, destacamos que a taxa de inflação foi definida como sendo a taxa de inflação média observada entre 2004 e 2014, tal como se pode observar no documento em anexo.

Com a definição destes pressupostos, torna-se possível determinar o valor atual líquido (VAL), e perceber assim se esta medida de melhoria n.º3 é viável economicamente. Este VAL foi calculado no programa Excel cujo quadro publicamos de seguida:

Quadro 11-Estudo da viabilidade económica da medida de melhoria n.º 3 que consiste na aplicação de caixilharia com corte térmico e vidro duplo, (Própria, 2016)

Viabilidade económica da Mm3					
Ano	Valor €				
0 -	6 112,00 €	Taxa de atualização			9,24%
1	80,84 €	VAL			-5 279,93 €
2	82,44 €				
3	84,07 €				
4	85,74 €				
5	87,43 €				
6	89,16 €				
7	90,93 €				
8	92,72 €				
9	94,56 €				
10	96,43 €				
11	98,34 €				
12	100,28 €				
13	102,26 €				
14	104,29 €				
15	106,35 €				
16	108,45 €				
17	110,60 €				
18	112,79 €				
19	115,02 €				
20	117,29 €				

Acerca dos valores publicados no quadro 11, temos a referir:

1. O valor referente ao ano 0 – corresponde ao acréscimo de custo da medida de melhoria n.º3, determinado no quadro 9;
2. Os valores referentes aos restantes anos (0-20) resultam dos valores poupados em energia atendendo à inflação assumida, que se considerou constante ao longo do período de análise. Os valores são então o resultado da operação:

Valor poupado em energia para climatização com a execução da medida de melhoria x $(1+\text{inflação})^{\text{n.º do ano}}$.

3. O cálculo do Valor atualizado líquido (VAL), efetuado no quadro 4.12, resulta da aplicação da fórmula expressa na figura seguinte:

$$\text{VAL} = \frac{-\text{Investimento}}{(1+TA)^0} + \frac{CF_1}{(1+TA)^1} + \frac{CF_2}{(1+TA)^2} + \dots + \frac{\text{Valor Residual}}{(1+TA)^N}$$

Figura 43– fórmula de cálculo do Valor Atual Líquido (IAPMEI, 2014)

4. O cálculo da taxa de atualização é feito de acordo com a fórmula expressa na imagem seguinte:

Composição da Taxa de Atualização

A Taxa de Atualização é constituída por três componentes (taxas):

$$TA = [(1+T_1) \times (1+T_2) \times (1+T_3)] - 1$$

T1 : [Rendimento real] - corresponde à remuneração real desejada para os capitais próprios (normalmente utiliza-se a taxa de remuneração real de activos sem risco).

T2 : [Prémio de Risco] - consiste no prémio anual de risco. Corresponde à taxa dependente da evolução económica, financeira, global e sectorial do projecto, bem como ao montante total envolvido no projecto.

T3 : [Inflação] - taxa de inflação.

Figura 44— fórmula de cálculo da taxa de atualização (IAPMEI, 2014)

5. Atendendo ao exposto no quadro 11, pode-se concluir que, atendendo ao acréscimo de investimento inicial e aos valores de poupança em energia que esta solução acarreta, podemos concluir que o investimento para a execução da medida de melhoria n.º3, não é economicamente viável, pois o seu VAL ser negativo.

4.2.2. Envolvente exterior opaca

Relativamente à envolvente exterior opaca, no âmbito deste trabalho, serão analisadas as seguintes soluções construtivas:

- Solução de parede dupla (0.11+0.05+0.15), que constituirá a situação inicial;
- Solução de parede simples em bloco de 20 cm, com 8cm de isolamento (XPS) pelo exterior, que constituirá a medida de melhoria n.º1 (Mm1).
- Solução de pano simples em bloco de 20 cm, com 6cm isolamento térmico (em espuma rígida de poliuretano-PUR) protegido por ecrã exterior, em tijolo maciço face à vista (tijolo Klinker de 5cm), formando caixa de ar, que constituirá a 2ª solução para constituir a medida de melhoria n.º1 [Mm1(2)].

Apesar do caso de estudo ser referente à construção de um edifício novo, julgou-se pertinente escolher soluções construtivas que poderiam também ser referentes a uma situação de reabilitação de um edifício existente.

A escolha destas soluções construtivas está também relacionada com o facto de as soluções construtivas mais recentes são soluções com isolamento térmico pelo exterior, por este motivo, optou-se por soluções com isolamento térmico pelo exterior.

Um outro ponto que justifica as soluções adotadas prende-se com o facto de que, atendendo à experiência profissional do autor do presente trabalho, numa situação de reabilitação de um edifício existente, o técnico responsável, na maioria das situações se deparará com uma solução de parede dupla como sendo a solução executada/situação inicial. Como nesta situação é difícil

aferir se existe isolamento térmico na caixa-de-ar e se este está bem aplicado e em bom estado, por uma questão de precaver a situação mais desfavorável, deve-se adotar a solução de parede dupla sem isolamento na caixa-de-ar, como sendo a situação inicial. Este princípio é inclusivamente mencionado no número 3 da subalínea 2.1.1 da alínea 2.1 do ponto 2 do despacho n.º15793-E/2013, que refere, e passamos a citar: *”Nos casos em que se recorra a publicações de referência do Laboratório Nacional de Engenharia Civil(LNEC) mas existam dúvidas na escolha da solução mais adequada, deverá ser adotada a solução mais conservadora de entre as soluções que são apresentadas, desde que coerentes com as características observáveis do elemento no local.”*.

Nos quadros seguintes, faz-se referência ao custo de execução de cada solução construtiva analisada:

Quadro 12-Custos da execução da envolvente exterior em parede dupla (Própria, 2016)

Envolvente exterior com solução de parede dupla (0,11+0,05+0,15)				
Designação	Un	Quant.	Preço unitário	Importância
Alvenaria de tijolo cerâmico em paredes exteriores duplas com 0,35m esp. (0,11 + 0,05 + 0,15 m), incluindo execução de padieiras, e reforços estruturais, fornecimento, transporte e assentamento e todos os materiais e trabalhos necessários, de acordo com os pormenores do projecto e as especificações técnicas do Caderno de Encargos	m2	56,73	18,69€	1 060,28€
Isolamento térmico tipo "Wallmate CW-A" com 40mm em paredes duplas exteriores	m2	56,73	2,59€	146,93€
Salpico emboço e reboco hidrofugado, acabado em áspero em paramentos exteriores, com 15mm.	m2	56,73	10,25€	581,48€
Pintura a tinta de água em paramentos exteriores tipo "Superplastocin"	m2	56,73	4,60€	260,96€
TOTAL				2 049,65 €

Quadro 13-Custos da execução da envolvente exterior com sistema ETIC (Própria, 2016)

Envolvente exterior revestida com sistema ETIC				
Designação	Un	Quant.	Preço unitário	Importância
Alvenaria de bloco térmico, em paramentos verticais, com 490x19x20, incluindo execução padieiras e reforços estruturais, fornecimento, transporte, assentamento e todos os materiais e trabalhos necessários, de acordo com os pormenores do projecto e as especificações técnicas do Caderno de Encargos	m2	56,73	12,00€	680,76€
Revestimento de paredes exteriores, com sistema de reboco térmico exterior "CAPOTTO" da "VIERO-VISOLPLÁS RSTF, Refª 2488", 6cm, auto-extinguível, incluindo reforço com 2cm de espessura, tratamento de juntas, desempenho e preparação das superfícies a revestir, dobras nos vãos, padieiras e outros elementos, remates, tratamento anti poeiras e fungos, acabamento final, fornecimento, transporte e execução, de acordo com os pormenores do projecto, recomendações do fabricante e especificações técnicas do Caderno de Encargos	m2	56,73	31,12€	1 765,44€
TOTAL	m2			2 446,20 €

Quadro 14- Custos da execução da envolvente exterior com sistema de fachada ventilada (Própria, 2016)

Envolvente exterior com solução de fachada ventilada				
Designação	Un	Quant.	Preço unitário	Importância
Alvenaria de bloco de betão leve em paramentos verticais, com 490x19x20, incluindo execução padieiras e reforços estruturais, fornecimento, transporte, assentamento e todos os materiais e trabalhos necessários, de acordo com os pormenores do projecto e as especificações técnicas do Caderno de Encargos	m2	56,73	12,00€	680,76€
Poliuretano projectado com 6cm de espessura e 60kg/m3, em paredes exteriores, incluindo todos os trabalhos inerentes, de acordo com pormenores e especificações do caderno de encargos.	m2	56,73	11,38€	645,59€
Paredes constituídas por um pano de Tijolo á vista hidrofugado "Klinker-Malpessa , 24x11,5x5cm" ou equivalente, incluindo no preço unitário vergas de vãos onde necessário, grampos e armaduras de reforço Fisufor 4080G a cada 45cm.	m2	56,73	69,49€	3 942,17€
TOTAL				5 268,52 €

A partir destas estimativas orçamentais apresentadas, consegue-se aferir que a diferença de custo entra as duas soluções (parede dupla e parede simples com ETICS) é de 396.54€.

De igual modo, podemos aferir que a diferença de custo entre a solução de parede dupla e o sistema de fachada ventilada é de 3218.86€.

Nos quadros seguintes, evidenciam-se as diferentes condutibilidades térmicas que cada solução construtiva acarreta:

Quadro 15-Condutibilidades térmicas da solução construtiva em parede dupla sem isolamento térmico, para as paredes exteriores do apartamento, (Própria, 2016)

PAREDES EXTERIORES Descrição	Orientação	Cor	Fachada Ventilada?	Grau de ventilação ⁽¹⁾	Emissividade ⁽¹⁾	Área m ²	Pala horizontal α °	Pala vertical à esquerda β _{esq} °	Pala vertical à direita β _{dir} °		U W/m ² .°C
Parede dupla(0,11+0,05+0,15)	Nordeste	Clara	Não			18,84	33	0	0		0,96
Parede dupla(0,11+0,05+0,15)	Noroeste	Clara	Não			37,89	33	0	0		0,96

Quadro 16-Condutibilidades térmicas da solução construtiva em parede simples constituída por bloco térmico de 20, com isolamento térmico de 8cm pelo exterior para as paredes exteriores do apartamento, (Própria, 2016)

PAREDES EXTERIORES Descrição	Orientação	Cor	Fachada Ventilada?	Grau de ventilação ⁽¹⁾	Emissividade ⁽¹⁾	Área m ²	Pala horizontal α °	Pala vertical à esquerda β _{esq} °	Pala vertical à direita β _{dir} °		U W/m ² .°C
Parede exterior em bloco 20 com ETICS (8cm)	Nordeste	Média	Não			18,84	33				0,37
Parede exterior em bloco 20 com ETICS (8cm)	Noroeste	Média	Não			37,89	33				0,37

Quadro 17-Condutibilidades térmicas da solução construtiva em parede simples constituída por bloco de betão leve de 20, com 6cm isolamento térmico (espuma rígida de poliestireno-PUR) de 6cm pelo exterior e pano exterior em tijolo maciço face à vista de 5cm (Própria 20116)

PAREDES EXTERIORES Descrição	Orientação	Cor	Fachada Ventilada?	Grau de ventilação ⁽¹⁾	Emissividade ⁽¹⁾	Área m ²	Pala horizontal α °	Pala vertical à esquerda β _{esq} °	Pala vertical à direita β _{dir} °		U W/m ² .°C
Parede exterior em bloco de betão leve de 20 com 6cm de PUR e pano exterior em tijolo klinker de 5 cm	Nordeste	Média	Sim	Fortemente	Baixa	18,84	33				0,49
Parede exterior em bloco de betão leve de 20 com 6cm de PUR e pano exterior em tijolo klinker de 5 cm	Noroeste	Média	Sim	Fortemente	Baixa	37,89	33				0,49

Atendendo aos dois quadros apresentados anteriormente (quadros 15,16,17), foi possível calcular as necessidades nominais de energia útil para aquecimento (Nic) e para arrefecimento (Nvc), referente a cada solução construtivas. No quadro seguinte, determinasse, a diferença das necessidades de energia:

Quadro 18-Quadro com os resultados alcançados com as duas soluções construtivas analisadas, (Própria, 2016)

	Situação inicial	Mm1	diferencial situação inicial- Mm1	Mm1(2)	diferencial situação inicial- Mm1(2)
Nic (KWh.m ² /ano)	81,80	67,30	14,50	69,30	12,50
Nvc (KWh.m ² /ano)	7,00	7,80	-0,80	7,00	0,00
Eficiência do equipamento de aquecimento			2,50		2,50
Energia elétrica necessária para aquecimento (KWh.m2/ano)			5,80		5,00
Eficiência do equipamento de arrefecimento			2,50		2,50
Energia elétrica necessária para arrefecimento (KWh.m2/ano)			-0,32		0,00
Poupança de energia necessária para climatização (KWh.m2/ano)			5,48		5,00
preço unitário do Kw de energia (€)	0,15				
valor poupado em energia para climatização com a execução da medida de melhoria (€/ano)			126,29 €		115,23 €
Custo estimado de construção (€)	2049,65	2446,20		5268,52	
Acréscimo de custo da solução de melhores características térmicas(€)		396,55		3218,87	
VAL		926,67		-2009,46	
PRS		3,1		27,9	

Situação inicial - envolve exterior constituída por parede dupla, laje com 3cm de isolamento e com caixilharia sem corte térmico com vidro simples

Mm1 - execução de ETIC, com 8cm de isolameto, na envolvente exterior vertical

[Mm1(2)] - fachada ventilada, 6cm PUR e pano exterior de 5cm tijolo maciço face à vista

Relativamente a este quadro, temos a identificar a origem dos valores publicados, a saber:

1. Nic e Nvc – resultam do cálculo efetuado na folha de cálculo referente ao regulamento aplicado (REH), que segue em anexo;
2. Eficiência do equipamento de aquecimento – resulta da observação da tabela 06 do ponto 4 do despacho 15793-E/2013;
3. Energia elétrica necessária para aquecimento – é o quociente entre as necessidades nominais de energia útil para aquecimento (Nic), e o rendimento do equipamento de aquecimento;
4. Eficiência do equipamento de arrefecimento – resulta da observação da tabela 06 do ponto 4 do despacho 15793-E/2013.
5. Energia elétrica necessária para arrefecimento – é o quociente entre as necessidades nominais de energia útil para arrefecimento (Nvc), e o rendimento do equipamento de arrefecimento;
6. Poupança de energia necessária para climatização – resulta da soma entre a energia necessária para arrefecimento e a energia necessária para aquecimento;
7. Preço unitário de energia (0.1528€) – resulta da observação da fatura elétrica onde consta o preço unitário praticado no concelho de Barcelos, que segue em anexo;
8. Valor poupado em energia para climatização com a execução da medida de melhoria – resulta da multiplicação: 6)*7)*área útil da fração analisada (150.82m²);

9. Custo estimado de construção – resulta do trabalho de orçamentação dos trabalhos necessários à execução da solução construtiva analisada, demonstrado nos quadros publicados;
10. Acréscimo de custo – é a diferença entre os custos estimados para as duas soluções analisadas;
11. O Período de retorno simples (PRS) - resulta do quociente entre o acréscimo de custo da solução construtiva de melhores características térmicas e o valor poupado em energia para climatização com a execução da medida de melhoria (PRS=10/8)).

Atendendo ao exposto neste quadro, pode-se concluir que o, tal como era espetável, a medida de melhoria, independentemente da solução, promove uma poupança de energia de 5.48 KWh*m²/ano para a Mm1 e 5 KWh*m²/ano para a [Mm1(2)]. No entanto, atendendo aos custos envolvidos (acréscimo de custo na execução da medida de melhoria e valor poupado em energia com a mesma), torna-se necessário determinar se este investimento é ou não viável, sendo esta determinação feita através da determinação do valor atual líquido (VAL). Para esta análise foi determinado um período de análise de 20 anos.

Esta função implica a determinação de alguns pressupostos:

Quadro 19-Pressupostos assumidos para determinação da taxa de atualização (Própria, 2014)

Taxa de atualização	9,24%
Rendimento real	4%
Prémio de risco	3%
Inflação	1,978%

O cálculo da taxa de atualização é feito de acordo com a fórmula expressa na imagem seguinte:

Composição da Taxa de Atualização

A Taxa de Atualização é constituída por três componentes (taxas):

$$TA = [(1+T1) \times (1+T2) \times (1+T3)] - 1$$

T1 : [Rendimento real] - corresponde à remuneração real desejada para os capitais próprios (normalmente utiliza-se a taxa de remuneração real de activos sem risco).

T2 : [Prémio de Risco] - consiste no prémio anual de risco. Corresponde à taxa dependente da evolução económica, financeira, global e sectorial do projecto, bem como ao montante total envolvido no projecto.

T3 : [Inflação] - taxa de inflação.

Figura 45– fórmula de cálculo da taxa de atualização (IAPMEI, 2014)

Com a definição destes pressupostos, torna-se possível determinar o valor atual líquido (VAL), calculado no programa Excel cujo quadro publicamos de seguida:

Quadro 20-Estudo da viabilidade económica da medida de melhoria n.º1 que consiste na solução de parede simples em bloco térmico de 20, com isolamento térmico de 8cm pelo exterior da parede. (Própria, 2016)

Viabilidade económica da Mm1					
Ano	Valor				
0 -	396,55 €	Taxa de atualização			9,24%
1	126,29 €	VAL			926,67 €
2	131,33 €				
3	133,93 €				
4	136,58 €				
5	139,28 €				
6	142,04 €				
7	144,85 €				
8	147,71 €				
9	150,63 €				
10	153,61 €				
11	156,65 €				
12	159,75 €				
13	162,91 €				
14	166,13 €				
15	169,42 €				
16	172,77 €				
17	176,19 €				
18	179,67 €				
19	183,23 €				
20	186,85 €				

Acerca dos valores publicados no quadro4.19, temos a referir que:

1. O valor referente ao ano 0 – corresponde ao acréscimo de custo da medida de melhoria n.º1, determinado no quadro 20;
2. Os valores referentes aos restantes anos (0-20) resultam dos valores poupados em energia atendendo à inflação assumida, que se considerou constante ao longo do período de análise, Os valores são então o resultado da operação:

Valor poupado em energia para climatização com a execução da medida de melhoria x $(1+\text{inflação})^{\text{n.º do ano}}$.

3. Os cálculos do Valor atualizado líquido (VAL), e da Taxa de atualização (TA), resultam da aplicação das fórmulas já identificadas a quando da análise idêntica da medida de melhoria n. 3.

Quadro 21-Estudo da viabilidade económica da solução construtiva alternativa para execução da medida de melhoria n.º1 que consiste na solução de parede simples em bloco de betão leve de 20, com isolamento térmico(PUR) de 6cm pelo exterior e pano exterior de 5cm de tijolo face à vista (Própria 2016)

Viabilidade económica da Mm1(2)				
Ano	Valor €			
0 -	3 218,87 €	Taxa de atualização		9,24%
1	117,51 €	VAL		-2 009,46 €
2	119,83 €			
3	122,20 €			
4	124,62 €			
5	127,08 €			
6	129,60 €			
7	132,16 €			
8	134,77 €			
9	137,44 €			
10	140,16 €			
11	142,93 €			
12	145,76 €			
13	148,64 €			
14	151,58 €			
15	154,58 €			
16	157,64 €			
17	160,75 €			
18	163,93 €			
19	167,18 €			
20	170,48 €			

Atendendo ao exposto nos quadros anteriores, pode-se concluir que, atendendo ao acréscimo de investimento inicial e aos valores de poupança em energia que estas soluções acarretam, podemos concluir que o investimento para a execução da medida de melhoria n.º1, não só é economicamente viável, pois o seu VAL é positivo, como gera um excedente financeiro de 926.67€. Já a solução construtiva alternativa para execução da Mm1 [Mm1(2)], devido ao acréscimo de custo que acarreta revela-se economicamente inviável, pois o seu VAL é negativo. Perante estes resultados, concluímos que o investimento na execução da medida de melhoria n.º1, não é só viável economicamente, mas obrigatório, pois de acordo com a alínea b), do ponto 1, do anexo I, do despacho n.º15793-L/2013, as medidas de eficiência energética são de implementação obrigatória quando o estudo de viabilidade económica demonstre que o período de retorno simples (PRS) é igual ou inferior a 8 anos. Tal como podemos verificar no quadro 18, o PRS desta medida é de 3.1 anos, o que torna a sua implementação obrigatória.

4.3 Envolventes Exteriores Horizontais

4.2.3 Coberturas

Relativamente às coberturas, tal como já referido anteriormente, no âmbito deste trabalho, serão apenas analisadas duas soluções:

- A solução de laje maciça com 3cm de isolamento pelo exterior, e com proteção pesada (seixo) que constituirá a situação inicial;
- A solução de laje maciça com 10cm de isolamento pelo exterior, e com proteção pesada (seixo) que constituirá a medida de melhoria n.º2 (Mm2).

Apesar de as soluções construtivas de fachadas, serem os elementos mais em foco em termos de isolamento térmico, são as coberturas que desempenham um papel fundamental neste capítulo, uma vez que estes elementos detêm uma área superior à de alvenarias, o que faz com que sejam os elementos com maiores fluxos térmicos. Para se ter uma noção, na fração em análise, a área coberta é de 150.86m², enquanto a área total de envolvente exterior vertical, perfaz um total de 56.73m², ou seja a área destes elementos de cobertura é superior ao dobro da área conjunta de alvenaria e vãos envidraçados que constituem a envolvente exterior vertical da fração. Por esta pequena demonstração, podemos ter uma ideia da importância que os elementos de cobertura assumem no que toca aos aspetos térmicos. Atendendo a este facto, estes elementos devem ser alvo de um estudo cuidadoso no sentido de se minimizarem as trocas térmicas entre os ambientes interiores e exteriores. Na realização deste estudo, procurou-se evidenciar o impacto que a espessura do isolamento térmico tem no desempenho térmico da solução, assim como o seu impacto em termos de custo da solução construtiva, assim sendo, a primeira solução foi idealizada como sendo constituída por uma laje maciça de betão com 3cm isolamento térmico, enquanto a medida de melhoria ou segunda solução prevê a aplicação de 10cm isolamento térmico, sobre uma estrutura constituída por uma laje maciça de betão.

Perante o exposto, apresentam-se de seguida o orçamento recolhido, onde consta o preço unitário do referido isolamento com as espessuras analisadas (3cm e 10cm):.

Designação	Embal.	Qtd.Emb.	Quant.	Un.	Preço Unit.	Tx. Desc. (%)	Tx. IVA	Valor líquido
XPS FIBRAN TERRAÇ RF 1250x600x30	1,00	1,00	1,00	MT2	2,439	23,00		2,44
XPS FIBRAN TERRA.RF 1250x600x100	1,00	1,00	1,00	MT2	8,130	23,00		8,13

Figura 46– Custo do isolamento térmico para a laje de cobertura (Própria 2011)

Mediante a observação deste orçamento, pode-se concluir que a diferença de custo, sem contabilizar o IVA, referente ao aumento de espessura do isolamento é de cerca de 5.69€/m², atendendo a que temos uma área de cobertura de 150.82m², isso faz com que o acréscimo de custo total referente apenas ao aumento da espessura do isolamento é de 858.17€. A este custo

há que somar o custo de mão-de-obra necessária à sua aplicação, no entanto, apenas consideraremos o aumento de custo do isolamento pois é só este que tem um aumento significativo para efeitos de execução da medida de melhoria proposta.

Apesar da poupança inicial ser inegável, procuraremos demonstrar, até que ponto, uma poupança inicial em termos de isolamento destes elementos, se transforma numa poupança efetiva ao longo dos tempos, atendendo aos fluxos térmicos superiores associados a esta poupança.

Nos quadros seguintes, evidenciam-se as diferentes condutibilidades térmicas que cada solução construtiva acarreta:

Quadro 22-Condutibilidades térmicas da solução de cobertura plana com 3cm isolamento térmico (Própria, 2016)

COBERTURAS EXTERIORES	Área	Cor	$U_{ascendente}$	$U_{descendente}$	U_{REF}
Descrição	m ²		W/m ² .°C	W/m ² .°C	W/m ² .°C
cobertura horizontal invertida, em laje maciça de 20cm com 3cm de isolamento térmico pelo exterior, e com proteção pesada (seixo)	150,82	Média	0,77	0,61	0,35

Quadro 23-Condutibilidades térmicas da solução de cobertura plana com 10cm isolamento térmico (Própria, 2011)

COBERTURAS EXTERIORES	Área	Cor	$U_{ascendente}$	$U_{descendente}$	U_{REF}
Descrição	m ²		W/m ² .°C	W/m ² .°C	W/m ² .°C
cobertura horizontal invertida, em laje maciça de 20cm com 3cm de isolamento térmico pelo exterior, e com proteção pesada (seixo)	150,82	Média	0,39	0,28	0,35

Na realização dos cálculos térmicos cujo resumo, apresentamos no quadro seguinte, procurou-se demonstrar qual o incremento das características térmicas da solução construtiva preconizada na medida de melhoria, que consiste na execução da cobertura com laje maciça com 10cm de isolamento térmico, e se a redução originada nas necessidades nominais de energia útil para aquecimento (N_{ic}) e para arrefecimento (N_{vc}), é rentável.

Quadro 24-Quadro com os resultados alcançados com as duas soluções construtivas analisadas, (Própria, 2016)

	Situação inicial	Mm2	diferencial I situação inicial- Mm2
Nic (KWh.m ² /ano)	88,00	67,60	20,40
Nvc (KWh.m ² /ano)	7,00	6,00	1,00
Eficiência do equipamento de aquecimento			2,50
Energia elétrica necessária para aquecimento (KWh.m2/ano)			8,16
Eficiência do equipamento de arrefecimento			2,50
Energia elétrica necessária para arrefecimento (KWh.m2/ano)			0,40
Poupança de energia necessária para climatização (KWh.m2/ano)			8,56
preço unitário do Kw de energia (€)	0,15		
valor poupado em energia para climatização com a execução da medida de melhoria (€/ano)			197,27 €
Custo estimado de construção (€)	2049,65	858,17	
Acréscimo de custo da solução de melhores características térmicas(€)		858,17	
VAL		1212,34	
PRS		4,4	
Situação inicial - envolve exterior constituída por parede dupla, laje maciça de 20cm com 3cm de isolamento e com caixilharia sem corte térmico com vidro simples Mm2 - colocação de isolamento de 10cm na envolvente exterior horizontal			

Relativamente a este quadro, temos a identificar a origem dos valores publicados, a saber:

1. Nic e Nvc – resultam do cálculo efetuado na folha de cálculo referente ao regulamento aplicado (REH), que segue em anexo;
2. Eficiência do equipamento de aquecimento – resulta da observação da tabela 06 do ponto 4 do despacho 15793-E/2013;
3. Energia elétrica necessária para aquecimento – é o quociente entre as necessidades nominais de energia útil para aquecimento (Nic), e o rendimento do equipamento de aquecimento;
4. Eficiência do equipamento de arrefecimento – resulta da observação da tabela 06 do ponto 4 do despacho 15793-E/2013;
5. Energia elétrica necessária para arrefecimento – é o quociente entre as necessidades nominais de energia útil para arrefecimento (Nvc), e o rendimento do equipamento de arrefecimento;
6. Poupança de energia necessária para climatização – resulta da soma entre a energia necessária para arrefecimento e a energia necessária para aquecimento;
7. Preço unitário de energia – resulta da observação da fatura elétrica onde consta o preço unitário praticado no concelho de Barcelos;
8. Valor poupado em energia para climatização com a execução da medida de melhoria resulta da multiplicação: 6)*7)*área útil da fração analisada (150.82m²);
9. Custo estimado de construção – resulta do trabalho de orçamentação dos trabalhos necessários à execução da solução construtiva analisada, demonstrado nos quadros publicados;

10. Acréscimo de custo – é a diferença entre os custos estimados para as duas soluções analisadas;

11. O Período de retorno simples (PRS) - resulta do quociente entre o acréscimo de custo da solução construtiva de melhores características térmicas e o valor poupado em energia para climatização com a execução da medida de melhoria (PRS=10/8).

Atendendo ao exposto no quadro 24, pode-se concluir que o, tal como era espetável, a medida de melhoria n.º2, que consiste na aplicação de 10cm de isolamento pelo exterior na laje de cobertura, promove uma poupança de energia de 7.36 KWh*m²/ano. No entanto, atendendo aos custos envolvidos (acréscimo de custo na execução da medida de melhoria e valor poupado em energia com a mesma), torna-se necessário determinar se este investimento é ou não viável economicamente, sendo esta conclusão feita através da determinação do valor atual líquido (VAL). Para esta análise foi determinado um período de análise de 20 anos.

Esta função implica a determinação de alguns pressupostos:

Quadro 25-Pressupostos assumidos para determinação da taxa de atualização (Própria, 2014)

Taxa de atualização	9,24%
Rendimento real	4%
Prémio de risco	3%
Inflação	1,978%

O cálculo da taxa de atualização é feito de acordo com a fórmula expressa na imagem seguinte:

Composição da Taxa de Atualização

A Taxa de Atualização é constituída por três componentes (taxas):

$$TA = [(1+T_1) \times (1+T_2) \times (1+T_3)] - 1$$

T1 : [Rendimento real] - corresponde à remuneração real desejada para os capitais próprios (normalmente utiliza-se a taxa de remuneração real de activos sem risco).

T2 : [Prémio de Risco] - consiste no prémio anual de risco. Corresponde à taxa dependente da evolução económica, financeira, global e sectorial do projecto, bem como ao montante total envolvido no projecto.

T3 : [Inflação] - taxa de inflação.

Figura 47– fórmula de cálculo da taxa de atualização (IAPMEI, 2014)

Com a definição destes pressupostos, torna-se possível determinar o valor atual líquido (VAL), calculado no programa Excel cujo quadro publicamos de seguida:

Quadro 26- Estudo da viabilidade económica da medida de melhoria n.º2 que consiste na aplicação de 10cm de isolamento pelo exterior da laje de cobertura. (Própria, 2014)

Viabilidade económica da Mm2				
Ano	Valor €			
0 -	858,17 €	Taxa de atualização	9,24%	
1	201,17 €	VAL	1 212,34 €	
2	205,15 €			
3	209,21 €			
4	213,34 €			
5	217,56 €			
6	221,87 €			
7	226,26 €			
8	230,73 €			
9	235,30 €			
10	239,95 €			
11	244,70 €			
12	249,54 €			
13	254,47 €			
14	259,51 €			
15	264,64 €			
16	269,87 €			
17	275,21 €			
18	280,66 €			
19	286,21 €			
20	291,87 €			

Acerca dos valores publicados no quadro 4.25, temos a referir que:

1. O valor referente ao ano 0 – corresponde ao acréscimo de custo da medida de melhoria n.º2, indicado no quadro 4.23;
2. Os valores referentes aos restantes anos (0-20) resultam dos valores poupados em energia atendendo à inflação assumida, que se considerou constante ao longo do período de análise, os valores são então o resultado da operação:

Valor poupado em energia para climatização com a execução da medida de melhoria x $(1+\text{inflação})^{\text{n.º do ano}}$.

3. Os cálculos do Valor atualizado líquido (VAL), e da Taxa de atualização (TA), resultam da aplicação das fórmulas já identificadas a quando das análises idênticas das medidas de melhoria n.1 e 3.

Atendendo ao exposto no quadro 26, pode-se concluir que, atendendo ao acréscimo de investimento inicial e aos valores de poupança em energia que esta solução acarreta, podemos

concluir que o investimento para a execução da medida de melhoria n.º2 , não só é economicamente viável, pois o seu VAL é positivo, como gera um excedente financeiro de 3335.32€.

Perante estes resultados, concluimos que o investimento na execução da medida de melhoria n.º2, não é só viável, mas obrigatório, pois de acordo com a alínea b), do ponto 1, do anexo I, do despacho n.º15793-L/2013, as medidas de eficiência energética são de implementação obrigatória quando o estudo de viabilidade económica demonstre que o período de retorno simples (PRS) é igual ou inferior a 8 anos. Tal como podemos verificar no quadro 24, o PRS desta medida é de 4.4 anos, o que torna a sua implementação obrigatória.

5 CONCLUSÕES E PROPOSTAS PARA ESTUDOS FUTUROS

Quadro 27-Quadro resumo com os resultados alcançados com as soluções construtivas analisadas para as diversas envolventes, (Própria, 2014)

	Situação inicial	Mm1	diferencial situação inicial- Mm1	Mm1(2)	diferencial situação inicial- Mm1(2)	Mm2	diferencial I situação inicial- Mm2	Situação inicial	Mm3	diferencial situação inicial- Mm3	Mm1+Mm2+M m3	diferencial situação inicial- Mm1+Mm2+Mm3
Nic (KWh.m ² /ano)	88,00	73,50	14,50	75,50	12,50	67,60	20,40	88,00	79,60	8,40	51,60	36,40
Nvc (KWh.m ² /ano)	7,00	7,80	-0,80	7,00	0,00	6,00	1,00	7,00	6,90	0,10	6,10	0,90
Eficiência do equipamento de aquecimento			2,50		2,50		2,50			2,50		2,5
Energia elétrica necessária para aquecimento (KWh.m2/ano)			5,80		5,00		8,16			3,36		14,56
Eficiência do equipamento de arrefecimento			2,50		2,50		2,50			2,50		2,5
Energia elétrica necessária para arrefecimento (KWh.m2/ano)			-0,32		0,00		0,40			0,04		0,36
Poupança de energia necessária para climatização (KWh.m2/ano)			5,48		5,00		8,56			3,40		14,92
preço unitário do Kw de energia (€)	0,15											
valor poupado em energia para climatização com a execução da medida de melhoria (€/ano)			126,29 €		115,23 €		197,27 €			78,35 €		343,84 €
Custo estimado de construção (€)	2049,65	2446,20		5268,52		858,17		1528,00	7640,00		7 366,72 €	
Acréscimo de custo da solução de melhores caraterísticas térmicas(€)		396,55		3218,87		858,17		6112,00				7366,72
VAL		926,67		-2009,46		1212,34		-5289,60				-3757,84
PRS		3,1		27,9		4,4		78,0				21,4

Situação inicial - envolve exterior constituída por parede dupla, laje maciça de 20cm com 3cm de isolamento e com caixilharia sem corte térmico com vidro simples

Mm1 - execução de ETIC, com 8cm de isolameto,na envolvente exterior vertical

[Mm1(2)]- fachada ventilada, 6cm PUR e pano exterior de 5cm tijolo maciço face à vista

Mm2 - colocação de isolamento de 10cm na envolvente exterior horizontal

Mm3 - caixilharia metálica com corte térmico, vidro duplo, 6mm de lâmina de ar

Através da análise do quadro 27, podemos ter uma vista geral dos efeitos que cada item, analisados individualmente no capítulo 4, tem na fração analisada, assim como qual o impacto que se produziria no caso de se executar todas as medidas de melhoria propostas. Da observação deste quadro podemos concluir:

1. Tal como era espetável, o aumento do isolamento da envolvente, com a aplicação do ETICS, produziu uma evolução positiva (diminuição) das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (Nic), e uma evolução negativa (ligeiro aumento) das necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (Nvc), pois tal como havíamos referido anteriormente:” é importante chamar a atenção para o fato de que a utilização excessiva de isolamento nas envolventes, não é por si só garantia de conforto térmico. Uma envolvente demasiadamente isolada pode dificultar a dissipação dos ganhos internos dos edifícios, fazendo com que a temperatura interior aumente acima do limite de conforto.”;
2. Esta situação não se verifica com a aplicação do sistema de fachada ventilada [Mm1(2)]. O facto do XPS ser um material de célula fechada (hermético), fez com surgissem novos ETICS que utilizam outros materiais em substituição do XPS, nomeadamente placas de aglomerado de cortiça expandida, que tem um índice de condutibilidade térmica semelhantes ao do XPS, com a vantagem de permitir que a fachada “respire”.
3. Embora todas as medidas de melhoria produzam uma poupança de energia para climatização, apenas os investimentos necessários para a execução da Mm1 e Mm2, se revelam economicamente viáveis;
4. É a medida de melhoria n.º2 (Mm2), que visa o aumento do isolamento a aplicar na envolvente exterior horizontal, que individualmente acarreta o maior valor poupado em energia para climatização ao longo do ano;
5. A medida de melhoria n.º1 (Mm1), apesar de não ser a medida de melhoria que acarreta o maior valor poupado em energia para climatização ao longo do ano, é a medida mais viável economicamente, isto porque o acréscimo de custo implicado na sua execução, face à situação inicial é o mais baixo de todas as medidas de melhoria analisadas;
6. A medida de melhoria n.º2, apesar de ser a medida de melhoria que acarreta o maior valor poupado em energia para climatização, não é a que apresenta o Período de Retorno Simples (PRS) menor, uma vez que o acréscimo de custo de execução, face á situação inicial, não é o mais baixo;
7. Já a situação onde se contempla a execução de todas as medidas de melhoria, apesar de acarretar a maior poupança de energia necessária para climatização ao longo do ano, atendendo ao acréscimo de custo necessário para a sua execução, não revela ser um investimento economicamente viável, visto ter um VAL negativo.

Importa salientar que o quadro resumo apresentado faz referência aos valores referentes a uma fração autónoma de um edifício multifamiliar, ou seja, são valores referentes a áreas relativamente pequenas quando comparadas com áreas referentes a moradias unifamiliares. Deve-se ainda ter em atenção que as características da edificação (localização e orientação) são outros fatores que promovem grande variação nos resultados obtidos.

Os valores apresentados no quadro resumo, podem ainda sofrer grande variação, uma vez que estão dependentes dos valores de orçamentação, que podem ter grande variação, o que promove conclusões díspares das apresentadas, e de custo de energia, que tenderão sempre a aumentar, fazendo com que os investimentos na implementação destas medidas de melhoria tenderão a tornarem-se economicamente viáveis, ou seja, tenderão a cobrir o investimento inicial, bem como a remuneração mínima exigida pelo investidor.

No que toca às soluções construtivas para execução dos muros de cave, concluiu-se que no caso de ocorrência de patologias nestes elementos, os gastos para corrigir estas patologias, anulam o valor do acréscimo do investimento inicial que seria necessário para a execução da solução de muros de betão armado, que pelas suas características, constituem a melhor solução construtiva, uma vez que conferem a estes elementos uma maior capacidade de impermeabilização e de suporte das cargas estruturais. Esta conclusão é ainda substantiada pelo facto de que os elementos de fundação representam cerca de 4% a 6% do valor total da obra, e que o surgimento de patologias nestes elementos compromete uma correta execução da restante estrutura de estabilidade, o que por sua vez hipoteca uma correta aplicação e uma maior durabilidade dos revestimentos, podemos concluir então, de uma forma ainda mais clara, que no que toca a estes elementos: “o barato sai caro!”.

Relativamente à caixilharia, os valores de poupança de energia são consideráveis, mas o custo elevado de execução destes elementos torna o seu investimento economicamente inviável.

Relativamente à envolvente exterior horizontal, os resultados obtidos foram os esperados, uma vez que a intervenção nestes elementos revela ser a que promove, individualmente, a maior poupança em energia para climatização. No entanto, chamamos a atenção para o facto de que na fração analisada, apenas se configura uma de duas possíveis situações mais grave, a situação de cobertura exterior, a situação de pavimento exterior não se configura nesta situação. É espetável que este resultado seja ainda mais evidente, e que esta medida se torne ainda mais rentável, no caso de uma moradia unifamiliar onde poderão coincidir estas duas situações mais desfavoráveis (cobertura e pavimento exterior).

Neste trabalho, no que toca aos elementos de fundação, apenas foram analisados as questões dos custos de execução e do aparecimento de patologias (infiltrações e os assentamentos diferenciais). Seria interessante efetuar-se uma análise quanto ao comportamento térmico destes elementos, contemplando vários cenários, por exemplo a determinação da melhor solução para a aplicação do isolamento térmico, no sentido de se determinar qual seria a melhor solução, a de se isolar termicamente a envolvente exterior vertical da cave, ou a de se optar pela aplicação do isolamento térmico no teto desta. Esta análise permitiria determinar a relação custo-benefício destas duas soluções, e concluir qual o posicionamento mais rentável do isolamento térmico para estes elementos.

Relativamente à melhoria térmica, apenas se considerou a melhoria das soluções construtivas, no entanto, seria interessante englobar as medidas de produção de energia renovável produzida para consumo neste estudo de rentabilidade e perceber qual o seu grau de prioridade entre as medidas de melhoria das frações analisadas.

Seria igualmente importante perceber o benefício/malefício da aplicação de isolamentos de célula fechada (tipo XPS) que promovem um aumento da hermeticidade das fachadas, do ponto de vista da salubridade dos espaços interiores. Esta trabalho de análise não foi executado, uma vez que o presente trabalho tratava apenas o comportamento térmico dos materiais e dos sistemas onde eram integrados.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(Jorge Sirgado,2010) - Jorge Sirgado, *Análise do Impacto dos Vãos Envidraçados no Desempenho Térmico dos Edifícios*, IST 2010

(Calejo e Silva,2007) - Rui Calejo Rodrigues; Flora Silva, *Análise Estatística da Patologia em Edifícios Recentes*, FEUP 2007

(NPEN ISO 9001,2008) – *Sistemas de gestão da qualidade*, Instituto Português da Qualidade IPQ, Caparica.2008.

(PATORREB, 2011) - Grupo de Estudos da Patologia da Construção, 2011. www.patorreb.com.

(OPTIROC PORTUGAL,2003) - OPTIROC PORTUGAL, *Impermeabilização de Paredes Enterradas*, Porto, 2003

(Sustentabilidade MASTERBLOCK,2011) – Sustentabilidade,2011. www.masterblock.pt.

(Sousa e Silva,2000) - Augusto Sousa; Raimundo Silva, *Manual de Alvenaria de Tijolo*, Setembro 2000

(Silva e Abrantes,2007) - Mendes da Silva; Vítor Abrantes, *Patologias em Paredes de Alvenaria: Causas e Soluções*, LNEC, 2007.

(Lamberts et al,2004) - Lamberts, R.; Dutra, L.; Pereira, F.O., *Eficiência Energética na Arquitectura*, Prolivros, 2004

(Khedari et al,2000) - Khedari, J.; Yamtraipat, N.; Pratintong, N.; Hirunlabh, J.: *Thailand ventilation comfort chart. Energy and Buildings 32: 245-249*, 2000

MESQUITA, Daniel Filipe da Silva –Viabilidade técnico-económica do tijolo face à vista em fachadas de edificios em Portugal. Lisboa, 2008. Tese de mestrado.

(Rodrigues *et al*, 2009) – Rodrigues, António; Piedade, António; Braga. Ana (2009) *Térmica de Edifícios*, Edições ORION, Amadora,2009

(Chavatal,2007) – Karin Maria Soares Chvatal, *Relação entre o Nível de Isolamento da Envolvente dos Edifícios e o Potencial de Sobreaquecimento no Verão*, Porto, 2007

(Lopes.1995) - Lopes, Grandão, *Revestimento de Impermeabilização de Coberturas em Terraço*, Informação Técnica, ITE 34, LNEC, Lisboa, 1995

Sites Consultados

<http://www.engenhariacivil.com>

<http://www.portaldahabitacao.pt/pt/ihru>

<http://www.aiccopn.pt>

<http://www.patorreb.com/pt>

<http://www.masterblock.pt/Sustentabilidade.aspx>

<http://engenhariacivil.wordpress.com/2007/05/21/sistema-capotto-etics>

<http://www.adene.pt>

<http://construironline.dashofer.pt>

<http://www.ipq.pt>

<http://www.iapmei.pt>

<http://www.itecons.uc.pt>

<http://www.masterblock.pt>

7 ANEXOS

Fração analisada

Cálculo da Inércia Térmica

Para o cálculo da inércia térmica, mediante a solução construtiva executada, considera-se:

- Solução de parede dupla (Situação Inicial)- Tal com definido no ponto ii da alínea a), do poto 6,5 do despacho N.º15793-K/2013 de 3 de dezembro: "Se tiver caixa-de-ar, $M_{si}=m_{pi}$, onde m_{pi} corresponderá à massa do elemento desde a caixa-de-ar até à face interior." Isto faz com que a massa superficial útil considerada (M_{si}) é a correspondente à alvenaria interior, constituída por tijolo de 11 ($M_{si}=96.3 \text{ Kg/m}^2$).
- Solução de fachada com ETICS (M_{m1}) e solução de fachada ventilada [M_{m1} (2)] - a massa superficial útil, a considerar, é a dos elementos desde o isolamento até à face interior, isto faz com que seja considerada a massa útil do pano interior (de suporte ao isolamento), que em ambos os casos é constituído por bloco de 20 ($M_{si}=130.54 \text{ Kg/m}^2$);

Perante o facto de que não disponho de tabelas técnicas, os valores da massa superficial útil considerados (M_{si}), resultam da observação de valores utilizados em outros trabalhos académicos, fornecidos pelos docentes.

O fator de redução da massa superficial (r) depende da resistência térmica do revestimento superficial interior (R). Por conseguinte, torna-se necessário determinar a resistência térmica dos isolamentos superficiais utilizados

Os revestimentos interiores utilizados foram:

- Paredes – reboco tradicional (esp=1.5cm);
- Teto (sala de estar/jantar; quartos; zonas de circulação) - placas de gesso cartonado (esp=15mm);
- Teto(casas de banho; cozinha)- reboco tradicional (esp=15mm)

A resistência térmica do revestimento é dado pela seguinte fórmula:

$$R = \frac{\text{espessura (m)}}{\text{condutibilidade térmica}[W/m^{\circ}C]} [1]$$

As condutibilidades térmicas dos materiais foram consultadas na publicação ITE50 do LNEC:

Material	Massa volúmica aparente seca, ρ [kg/m ³]	Condutibilidade térmica, valor de cálculo, λ [W/(m. °C)]
GESSOS (ESTUQUES) (cont.)		
<i>estuques com inertes leves e/ou fibras minerais</i>		
estruque com grânulos de perlite ou de vermiculite expandidas (1 a 2 mm)	500 - 600	0,18
	600 - 900	0,30
<i>placas de gesso cartonado</i>	750 - 1000	0,25
ARGAMASSAS (cimento ou cal) de reboco e de assentamento de tijolos e de blocos		
<i>argamassas e rebocos tradicionais</i>	1800 - 2000	1,3
	> 2000	1,8

Da aplicação da fórmula [1], e para cada material, resulta:

- Paredes-Reboco tradicional:

$$R = \frac{0.015}{1.3} = 0.0115 \text{ (m}^2 \text{ °C/W)}, \text{ Este resultado implica que } r_i=1$$

2. Teto- gesso cartonado:

$$R = \frac{0.015}{0.25} = 0.06 \text{ (m}^2 \text{ °C/W)}, \text{ Este resultado implica que } r_i=1$$

3. Tetos (casas-de-banho e cozinha) - Reboco tradicional:

$$R = \frac{0.015}{1.3} = 0.0115 \text{ (m}^2 \text{ °C/W)}, \text{ Este resultado implica que } r_i=1$$

Atendendo que independentemente do revestimento, o teto terá o mesmo fator de redução da massa superficial útil (r_i), optou-se por fazer apenas um cálculo com a área útil total da fração.

Assim sendo, para a situação inicial (parede dupla 0.11+0.05+0.15), temos:

Elemento	$M_{si}(\text{Kg/m}^2)$	r_i	$S_i (\text{m}^2)$	$I (\text{Kg/m}^2)$
Laje de teto (EL1)	150	1	150,82	22623
Paredes envolvente exterior (EL1)- constituída por tijolo 11	96,3	1	56,73	5463,099
Paredes interiores (EL3)	98,54	1	251,26	24759,16
			total	52845,26
Área útil da fração(m^2)				150,82
			$I_t (\text{Kg/m}^2)$	350,3863

(Própria, 2016)

De acordo com a tabela 11 do Decreto-Lei n.º118/2013, que publicamos de seguida, a classe da inércia térmica, da fração analisada, é Média.

Tabela 11 - Classes de inércia térmica interior, I_t

Classe de inércia térmica	I_t [kg/m²]
Fraca	$I_t < 150$
Média	$150 \leq I_t \leq 400$
Forte	$I_t > 400$

(Decreto-Lei n.º118/2013)


De igual modo, para ambas as soluções da medida de melhoria N.º1, Mm1 e [Mm1 (2)], que têm ambas o pano interior constituído por tijolo de 20, temos:

Elemento	$M_{si}(\text{Kg/m}^2)$	r_i	$S_i (\text{m}^2)$	$I (\text{Kg/m}^2)$
Laje de teto (EL1)	150	1	150,82	22623
Paredes envolvente exterior (EL1) constituída por bloco 20	130,54	1	56,73	7405,534
Paredes interiores (EL3)	98,54	1	251,26	24759,16
			total	54787,69
Área útil da fração(m^2)				150,82
			$I_t (\text{Kg/m}^2)$	363,2654

(Própria, 2016)

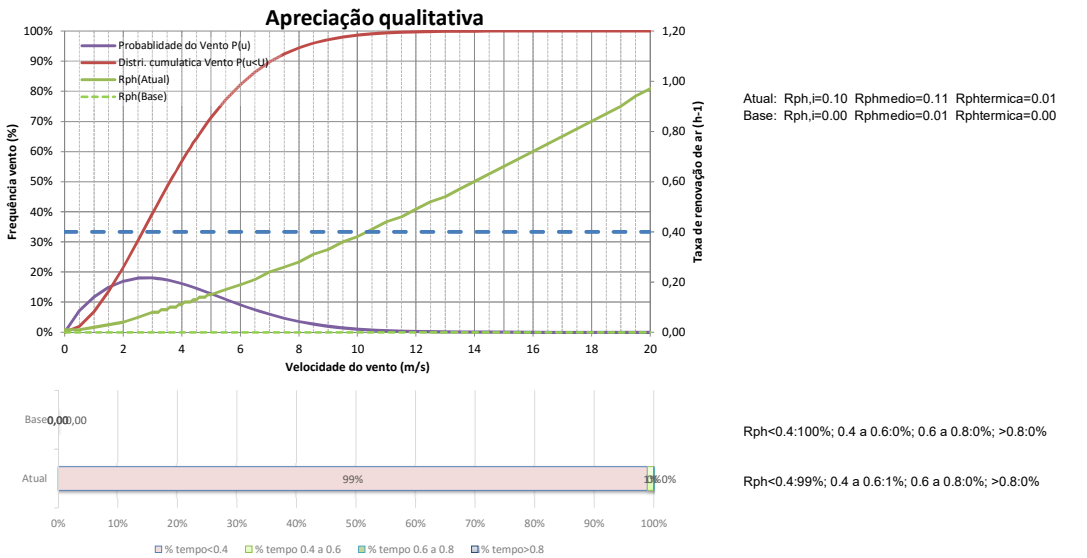
De acordo com a tabela 11 do Decreto-Lei n.º118/2013, que publicamos anteriormente, a classe da inércia térmica da fração analisada, apesar de um aumento da massa superficial útil, resultado da execução da melhor solução construtiva, a classe continua a ser Média.

Aplicação LNEC para ventilação no âmbito do REH

 LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL		Aplicação LNEC Ventilação REH e RECS		Aplicação desenvolvida por: Armando Pinto, apinto@lnec.pt Ferramenta de cálculo citada no n.º3, do ponto 12.1, do despacho n.º 15793-K/2013.	
Pinto, A. - Aplicação LNEC para Ventilação no âmbito do REH e RECS. Lisboa, LNEC, 2014. v1.0c, 2014-01-06					
1. Enquadramento do edifício					
Tipo de edifício	Habitação_novo_ou_grande_reabilitação	Área útil (m2): 137,7			
Local (município)	BARCELOS	Pd (m): 2,70			
Região	A	N.º de pisos da fração: 1			
Rugosidade	II	Velocidade vento: Defeito REH			
Altitude do local (m)	171	Vento (u10REH: 3,6) (m/s):			
Número de fachadas expostas ao exterior (Nfach)	2 ou mais	Vol (m3): 372			
Existem edifícios/obstáculos à frente das fachadas?	Não	Texterior (°C): 9,0			
Altura do edifício (H _{edif}) em m	6	Zref (m): 171			
Altura da fração (H _{fra}) em m	6	Aenv/Au: 10%			
		Proteção do edifício: Desprotegido			
		Zona da fachada: Inferior			
2. Permeabilidade ao ar da envolvente					
Foi medido valor n50	Não				
Para cada Janela ou grupo de janelas:					
Área dos vãos envidraçados (m2)	0,28	13,4	0	0	
Classe de permeabilidade ao ar das janelas	Sem classificação	Sem classificação	4	4	
Caixa de estore - permeabilidade	Não tem	Não tem	Não tem	Não tem	
3. Aberturas de admissão de ar na fachada					
Tem aberturas de admissão de ar na fachada	Sim				
Tipo de abertura	Fixa ou regulável manualmente	Auto-regulável a 2 Pa	Auto-regulável a 10 Pa	Auto-regulável a 20 Pa	
Área livre das aberturas fixas (cm2) / Caudal Nominal aberturas auto-reguláveis (m3/h)	250	0	0	0	
4. Condutas de ventilação natural, condutas com exaustores/ventax que não obturam o escoamento de ar pela conduta					
Condutas de ventilação natural sem obstruções significativas (por exemplo, consideram-se obstruções significativas exaustores com filtros que anulam escoamento de ar natural para a conduta)	Sim	Não	Não	Não	
Escoamento de ar	Exaustão				
Perda de carga	Alta				
Altura da conduta (m)	3				
Cobertura	Em terraço, inclinada (<10°)				
Número de condutas semelhantes	1				
5. Exaustão ou insuflação por meios mecânicos de funcionamento prolongado					
Existem meios mecânicos (excluindo exaustores ou ventax)	Não				
Escoamento de ar					
Caudal nominal (m3/h)					
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento					
Pressão total (Pa)					
Rendimento total do ventilador(%)					
Tem sistema de recuperação de calor					
Rendimento da recuperação de calor (%)					
6. Exaustão ou insuflação por meios híbridos de baixa pressão (< 20 Pa)					
Existem meios híbridos	Não				
Escoamento de ar					
Caudal nominal (m3/h)					
Conhece Pressão total do ventilador e rendimento					
Pressão total (Pa)					
Rendimento total do ventilador(%)					
7. Verão - Recuperador de calor					
Existe by-pass ao recuperador de calor no verão					
8. Resultados					
8.1 - Balanço de Energia - Edifício					
R _{ph,i} (h-1) - Aquecimento	0,49	ok			
R _{ph,v} (h-1) - Arrefecimento	0,60				
Wvm (kWh)	0,0				
8.2 - Balanço de Energia - Edifício de Referência					
R _{ph,i REF} (h-1)	0,49				
8.3 - Caudal mínimo de ventilação					
Rph estimada em condições nominais (h-1)	0,24				
Requisito mínimo de ventilação (h-1)	0,40				
Critério Rph mínimo	Não regulamentar Rph min				
Nota: No Cálculo de Rph min em edifícios novos e grandes reabilitações não é considerado o efeito de janelas sem classificação, da classe 1 e 2 e a existência de caixas de estore.					
Técnico: _____ Data: _____ 01/03/2016					

Informação complementar e destinada a auxiliar na avaliação do funcionamento da ventilação e na seleção de eventuais grelhas de ventilação (REH)

1 - Apreciação qualitativa do efeito da variação da velocidade do vento na taxa de renovação de ar
(Ajuda)



2 - Recomendações para a permeabilidade ao ar das janelas e da envolvente (n50)
(Ajuda)

Janelas:	
Classe de permeabilidade ao ar das janelas recomendada:	2
Permeabilidade ao ar da envolvente:	
Valor n50 recomendado para construção usual:	1,80
Valor n50 recomendado para construção de elevado desempenho:	0,70
Valor n50 estimado com base na classe de permeabilidade ao ar das janelas e caixas de estore:	2,31

3 - Estimar características das aberturas de admissão de ar da fachada
(Ajuda)

Indicar caudal mínimo de ar novo pretendido (h-1):	0,50
Dimensionar grelhas com Frinças?	Não

Caudal nominal das grelhas:	266m3/h
Grelhas auto-reguláveis a não mais de:	2 Pa

Valores calculados para os diversos tipos de grelhas	Fixa ou regulável manualmente	Auto-regulável a 2 Pa	Auto-regulável a 10 Pa	Auto-regulável a 20 Pa
Caudal nominal das grelhas (m3/h)	439 cm2	266 m3/h	394 m3/h	556 m3/h
Caudal nominal das grelhas/Volume da fração (h-1)	439 cm2	0,72 h-1	1,06 h-1	1,5 h-1

Isolamento sonoro: Avaliar para um compartimento, o mais desfavorável e com maior área enviradaçada. Ajustar valores nas células a amarelo.

Zona	Sensível	Area da fachada (m2)	7,5	
Correcção	Ctr	Area da janela (m2)	2,3	
Tipo folhas:	Deslizar	Vol. compartimento (m3)	40,5	
Tipo vidro	4-6-4 (30,-1,-3)			
Grelhas de ventilação (n.º de grelhas/Dne,w(dB))	1			
Grelha de ventilação	Com atenuação aberta (36,-1,-3)			
Tipo de parede	Dupla 11+15 (50dB)			
	A	Rw (Ctr)		
	(m2)	(dB)		
Grelhas de ventilação (n.º de grelhas/Dne,w(dB))	1	37	Rw vidro	30
Vedação das juntas janela vão (k)	Boa		C	-1
Janela (Área (m2)/Rw(Ctr)	2,3	26	Ctr	-3
Parede (Área (m2)/Rw(Ctr)	5,3	50	IGU Rw+Correcção	27
Fachada (Área (m2)/Rw(Ctr)	7,5	30	Janela Rw+Correcção	26
Fachada D2m,nT,W (dB)		28		
Resultados: isolamento sonoro				
Isolamento fachada (D2m,nT,W)	28			
Isolamento mínimo requerido (D2m,nT,W)	28	Satisfatório		

Cálculo Térmico do apartamento na situação inicial

Caracterização da Fração

Caracterização dos Sistemas Instalados na Fração

[Sistemas de Climatização para Aquecimento do Ar Interior](#)
[Sistemas de Climatização para Arrefecimento do Ar Interior](#)
[Sistema para a Produção de Águas Quentes Sanitárias \(AQS\)](#)
[Sistemas com Recurso a Energias Renováveis](#)
[Sistema de Ventilação](#)

Caracterização da Envolvente Exterior

[Paredes Exteriores](#)
[Pavimentos Sobre o Exterior](#)
[Coberturas Exteriores](#)
[Vãos Envidraçados Exteriores](#)
[Vãos Opacos Exteriores](#)
[Elementos em Contacto com o Solo](#)
[Paredes Enterradas](#)
[Pavimentos Enterrados](#)
[Pavimentos Térreos](#)
[Pontes Térmicas Lineares da Envolvente Exterior](#)

Caracterização da Envolvente Interior

[Definição dos Espaços Não-Úteis](#)
[Paredes Interiores](#)
[Pavimentos Sobre Espaços Não-Úteis](#)
[Coberturas Sob Espaços Não-Úteis](#)
[Vãos Interiores](#)
[Pontes Térmicas Lineares da Envolvente Interior](#)

Síntese dos Resultados



IteCons · Rua Pedro Hispano · Pólo II da Universidade de Coimbra · 3030-289 Coimbra

NIPC: 507 487 648 · T. +351 239 79 89 49 · F. +351 239 79 89 39 · www.itecons.uc.pt · e-mail: itecons@itecons.uc.pt

Caracterização da Fração:

EXISTENTE

Edifício/FA situada no município Região NUTS III Região
 a uma altitude de m distância à costa Rugosidade
 Edifício situado
 Área útil de Pavimento Pé-direito médio ROADMAP
 Tipologia Classe de Inércia Térmica do Edifício

Sistemas:

O edifício dispõe de rede de abastecimento de combustível líquido ou gasoso? Qual?

Existe aplicação de isolamento na tubagem de distribuição de AQS com resistência térmica $\geq 0.25 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$?

Os chuveiros ou sistemas de duche da fração possuem certificado de eficiência hídrica com rótulo A ou superior?

⁽¹⁾ caso o edifício se encontre abrangido pela rede urbana CLIMAESPAÇO devem ser considerados os sistemas por defeito.

AQUECIMENTO	Tipo de Equipamento ⁽¹⁾	Fonte de energia associada	Existe informação?	Eficiência Nominal	Fracção servida %	Idade do Sistema	Eficiência Base	Eficiência Corrigida
Designação do Sistema								
equipamento utilizado pontualmente tendo em conta a ocupação do espaço	Unidades chiller c/ permuta ar-água	Electricidade	Não		100	1 a 10 anos	3	2,38
							-	-
							-	-
							-	-
							-	-
Sistema por defeito		Electricidade		1	0	Novo		1

ARREFECIMENTO	Tipo de Equipamento ⁽¹⁾	Fonte de energia associada	Existe informação?	Eficiência Nominal	Fracção servida %	Idade do Sistema	Eficiência Base	Eficiência Corrigida
Designação do Sistema								
equipamento utilizado pontualmente tendo em conta a ocupação do espaço	Unidades chiller c/ permuta ar-água	Electricidade	Não		100	1 a 10 anos	3	2,38
							-	-
							-	-
							-	-
							-	-
Sistema por defeito		Electricidade		2,80	0	Novo		2,80

PRODUÇÃO DE AQS	Tipo de Equipamento ⁽¹⁾	Fonte de energia associada	Existe informação?	Eficiência Nominal	Fracção servida %	Idade do Sistema	Eficiência Base	Eficiência Corrigida
Designação do Sistema								
	Termoacumulador eléctrico	Electricidade	Não		100	1 a 10 anos	1	0,86
							-	-
							-	-
							-	-
							-	-
Sistema por defeito		GPL (canalizado)		0,77	0	Novo		0,77

ENERGIA RENOVÁVEL PRODUZIDA PARA CONSUMO	Tipo de Sistema	Fonte de Energia Renovável	Contribuição Anual E_{ren} kWh/ano	Parcela p/ aquecimento %	Parcela p/ arrefecimento %	Parcela p/ AQS %	Parcela p/ Ventilação %
Designação do Sistema							

VENTILAÇÃO EFFECTUAR CÁLCULO NA FERRAMENTA DESENVOLVIDA PELO LNEC DESIGNADA " APLICAÇÃO LNEC - VENTILAÇÃO REH E RECS"

Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento $R_{ph,i}$ 0,49 h^{-1}

Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento $R_{ph,v}$ 0,6 h⁻¹

Existe sistema de ventilação mecânica em funcionamento contínuo? Não

Caracterização dos Sistemas Instalados na Fracção

Aplicar a simplificação relativa à contabilização de pontes térmicas planas considerando um ao agravamento da transmissão térmica da zona corrente da envolvente em 35%? ☒ Sim

Optar pela regra de simplificação relativa ao cálculo do sombreamento? Não

Envolvente Exterior:

⁽ⁱ⁾ A caixa-de-ar de considera-se fortemente ventilada se $A > 1500 \text{ mm}^2/\text{m}^2$

(iii) A face interior do revestimento exterior é de baixa emissividade se $\varepsilon \leq 0.2$

[illegible]

[illegible]

(continuação)

(iii) Factor solar do vidro para uma incidência normal ao vão.

^(iv) Factor solar global do vão com todos os dispositivo de proteção solar permanentes ou móveis totalmente ativados (para uma incidência normal à superfície). Caso não existam é igual ao factor solar do vidro.

^(v) Factor solar global do vão com todos os dispositivo de protecção solar permanentes totalmente ativados (para uma incidência normal à superfície). Caso não existam é igual ao factor solar do vidro.

[illegible]

[illegible]

(continuação)

[illegible][illegible]

Elementos em contacto com o solo - CÁLCULO DE ACORDO COM A EN13370:2007

Considerar a simplificação relativa ao cálculo da transmissão pelos elementos em contacto com o solo?

Qual o valor da condutibilidade térmica do solo $\lambda^{(vi)}$? 2,0 W/(m.*C)

^(vi) A Norma EN 13370 recomenda o uso de $\lambda=2.0 \text{ W/(m.}^\circ\text{C)}$ se a condutibilidade térmica do solo é desconhecida.

Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade $z \leq 0$) com ou sem isolamentos térmico perimetral.								
PAVIMENTOS TÉRREOS ($z \leq 0$) ^(VII)	Área	R_t					$U_{t,eq}$	$U_{t,eq,REF}$
Descrição	m^2	$m^2 \cdot ^\circ C/W$					$W/m^2 \cdot ^\circ C$	$W/m^2 \cdot ^\circ C$
na							-	0,50
							-	
							-	
							-	

PAVIMENTOS ENTERRADOS (z>0)	Área	Profundidade média z	R _f			U _{bf}	U _{bf REF}
-----------------------------	------	-------------------------	----------------	--	--	-----------------	---------------------

PAREDES INTERIORES EM CONTACTO COM EDIFÍCIO ADJACENTE		Área	U	U _{REF}
Descrição	ESPAÇO NÃO-ÚTIL	m²	W/m².°C	W/m².°C
n.a.	Edifício Adjacente			-
				-
				-
				-
				-
				-
				-
	Edifício Adjacente			-
				-
				-

[illegible]

CAMPOS A PREENCHER APENAS PARA O CASO DE COBERTURAS EM DESVÃO

[illegible][illegible]

ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO (xii)	ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO (xiii)
------------------------------	---------------------------------

[illegible][illegible]

Pontes Térmicas Lineares (envolvente interior)

Cálculo das pontes térmicas lineares de acordo com a metodologia simplificada?	Sim
--	-----

(xiv) Note-se que, em ligações de fachada com pavimento intermédio ou varanda os valores tabelados do coeficiente de transmissão térmica linear Ψ apresentados dizem respeito a METADE da ligação global, correspondendo apenas à perda no andar superior ou no andar inferior.

[illegible]

volar:

Caracterização da Fracção

Caracterização dos Sistemas Instalados na Fracção

Caracterização da Envolvente Exterior

Caracterização da Envolvente Interior

Indicadores Energéticos		valor de cálculo	valor de referência
Nic	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Aquecimento (kWh.m²/ano)	88,0	45,3
Nvc	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Arrefecimento (kWh.m²/ano)	7,0	9,1
Qa	Energia Útil necessária para preparação de AQS (kWh/ano)	2 377	2 377
Wvm	Energia eléctrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica (kWh/ano)	0	
Eren	Energia produzida a partir de fontes renováveis (kWh/ano)	0	
Eren, ext	Energia exportada proveniente de fontes renováveis (kWh/ano)		
Ntc	Necessidades nominais anuais globais de energia primária Ntc (kWh.m²/ano)	120,38	53,08

Indicadores de Desempenho

	Valor de referência (kWh.m²/ano)	Valor de cálculo (kWh.m²/ano)	Renovável (%)
Aquecimento	11,8	37,1	0%
Arrefecimento	2,1	2,9	0%
AQS	18,3	20,4	0%
Energia Renovável (%)	0%		
Emissões de CO2 (t/ano)		2,7	

Dados Climáticos

Graus-dias	1 399		
Zona Climática de Inverno	I2	Zona Climática de Verão	V2
Temperatura Média Exterior Inverno (°C)	9	Temperatura Média Exterior Verão (°C)	20,9
Duração da estação de arrefecimento (meses)	4	Duração da estação de aquecimento (meses)	6,7

Indicadores de Aquecimento (ver separador "A-Transmissão")

Indicadores de Arrefecimento (ver separador "D-Ganhos Verão")

Síntese

Classe de Inércia Térmica do Edifício	Ap (m²)	150,82			
	Pd (m)	2,70			
	Aenv (m²)	15,28			
	Média				
	Cálculo		Referência		
	Aenv/Ap	10%	10%		
A - Transmissão	Hext (W/°C)	315,4	150,5	perdas de calor através da envolvente exterior	
	Hint (W/°C)	155,8	49,6		
	Hecs (W/°C)	0	0	perdas de calor através de elementos em contacto com o solo	
	Htr (W/°C)	471,1	200,1		
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,49	0,49	Perdas associadas à renovação de ar	
	Hve,i (W/°C)	67,8	67,8		
	Rph,v (h-1)	0,60	-		
	Hve,v (W/°C)	83,1	-		
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	2923	2923	Ganhos Internos no inverno	
	Qsol,i (kWh/ano)	2018	686		
	Qg,i (kWh/ano)	4941	3609		
	Qint,v (kWh/ano)	1766	-		
D - Ganhos Arrefecimento	Qsol,v (kWh/ano)	3496	-		
	Qg,v (kWh/ano)	5262	8057		
	Qtr,i (kWh/ano)	15816	6716		Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento Qtr,i
	Qve,i (kWh/ano)	2277	2277		
E - Energia nominal para Aquecimento	ηi	0,97	0,60	Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento Qve,i	
	Qgu,i (kWh/ano)	4817	2165		
	Nic (kWh/m².ano)	88,03	45	Ganhos totais úteis na estação de aquecimento Qgu,i	
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	5638	-	Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento Qtr,v	
	Qve,v (kWh/ano)	994	-		
	ηv	0,80	0,83	Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento Qve,v	
	Qg,v (kWh/ano)	5262	8057		
	Nvc (kWh/m².ano)	6,99	9	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Aquecimento Nic	
G - Energia Global	Aquecimento (kWhEP/m².ano)	92,66	29,40	Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento Qtr,v	
		77%	55%		
	Arrefecimento (kWhEP/m².ano)	7,35	5,35	Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento Qve,v	
		6%	10%		
	feh	1,00	1,00	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento Nvc	
	Qa/Ap (kWh/m².ano)	15,76	15,76		
	AQS (kWhEP/m².ano)	20,36	18,33		
		17%	35%		
		Vent. Mecânica (kWhEP/m².ano)	0,00	0	Energia primária para aquecimento
	Eren (kWh/ano)	0	0	Energia primária para arrefecimento	
	Renovável (kWhEP/m².ano)	0,00	0		
		0%	0%	Energia primária para a preparação de AQS	
	Global (kWhEP/m².ano)	120,38	53,08		
				Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica	
	Eren (kWh/ano)	0	0	Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável	
	Renovável (kWhEP/m².ano)	0,00	0		
		0%	0%	Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica	
	Global (kWhEP/m².ano)	120,38	53,08		
				Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável	
	Global (kWhEP/m².ano)	120,38	53,08	Necessidades nominais anuais globais de energia primária Ntc	

CLASSE ENERGÉTICA Ntc/Nt 2,27 E

**Cálculo Térmico do apartamento com a execução da medida de
melhoria n.º1 (Mm1)**

Caracterização da Fração

Caracterização dos Sistemas Instalados na Fração

[Sistemas de Climatização para Aquecimento do Ar Interior](#)
[Sistemas de Climatização para Arrefecimento do Ar Interior](#)
[Sistema para a Produção de Águas Quentes Sanitárias \(AQS\)](#)
[Sistemas com Recurso a Energias Renováveis](#)
[Sistema de Ventilação](#)

Caracterização da Envolvente Exterior

[Paredes Exteriores](#)
[Pavimentos Sobre o Exterior](#)
[Coberturas Exteriores](#)
[Vãos Envidraçados Exteriores](#)
[Vãos Opacos Exteriores](#)
[Elementos em Contacto com o Solo](#)
[Paredes Enterradas](#)
[Pavimentos Enterrados](#)
[Pavimentos Térreos](#)
[Pontes Térmicas Lineares da Envolvente Exterior](#)

Caracterização da Envolvente Interior

[Definição dos Espaços Não-Úteis](#)
[Paredes Interiores](#)
[Pavimentos Sobre Espaços Não-Úteis](#)
[Coberturas Sob Espaços Não-Úteis](#)
[Vãos Interiores](#)
[Pontes Térmicas Lineares da Envolvente Interior](#)

Síntese dos Resultados



IteCons · Rua Pedro Hispano · Pólo II da Universidade de Coimbra · 3030-289 Coimbra

NIPC: 507 487 648 · T. +351 239 79 89 49 · F. +351 239 79 89 39 · www.itecons.uc.pt · e-mail: itecons@itecons.uc.pt

Caracterização da Fração:

EXISTENTE

Edifício/FA situada no município Região NUTS III Região
 a uma altitude de m distância à costa Rugosidade
 Edifício situado
 Área útil de Pavimento Pé-direito médio ROADMAP
 Tipologia Classe de Inércia Térmica do Edifício

Sistemas:

O edifício dispõe de rede de abastecimento de combustível líquido ou gasoso? Qual?

Existe aplicação de isolamento na tubagem de distribuição de AQS com resistência térmica $\geq 0.25 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$?

Os chuveiros ou sistemas de duche da fração possuem certificado de eficiência hídrica com rótulo A ou superior?

⁽¹⁾ caso o edifício se encontre abrangido pela rede urbana CLIMAESPAÇO devem ser considerados os sistemas por defeito.

AQUECIMENTO	Tipo de Equipamento ⁽¹⁾	Fonte de energia associada	Existe informação?	Eficiência Nominal	Fracção servida %	Idade do Sistema	Eficiência Base	Eficiência Corrigida
Designação do Sistema								
equipamento utilizado pontualmente tendo em conta a ocupação do espaço	Unidades chiller c/ permuta ar-água	Electricidade	Não		100	1 a 10 anos	3	2,38
							-	-
							-	-
							-	-
							-	-
Sistema por defeito		Electricidade		1	0	Novo		1

ARREFECIMENTO	Tipo de Equipamento ⁽¹⁾	Fonte de energia associada	Existe informação?	Eficiência Nominal	Fracção servida %	Idade do Sistema	Eficiência Base	Eficiência Corrigida
Designação do Sistema								
equipamento utilizado pontualmente tendo em conta a ocupação do espaço	Unidades chiller c/ permuta ar-água	Electricidade	Não		100	1 a 10 anos	3	2,38
							-	-
							-	-
							-	-
							-	-
Sistema por defeito		Electricidade		2,80	0	Novo		2,80

PRODUÇÃO DE AQS	Tipo de Equipamento ⁽¹⁾	Fonte de energia associada	Existe informação?	Eficiência Nominal	Fracção servida %	Idade do Sistema	Eficiência Base	Eficiência Corrigida
Designação do Sistema								
	Termoacumulador eléctrico	Electricidade	Não		100	1 a 10 anos	1	0,86
							-	-
							-	-
							-	-
							-	-
Sistema por defeito		GPL (canalizado)		0,77	0	Novo		0,77

ENERGIA RENOVÁVEL PRODUZIDA PARA CONSUMO	Tipo de Sistema	Fonte de Energia Renovável	Contribuição Anual E_{ren} kWh/ano	Parcela p/ aquecimento %	Parcela p/ arrefecimento %	Parcela p/ AQS %	Parcela p/ Ventilação %
Designação do Sistema							

VENTILAÇÃO EFFECTUAR CÁLCULO NA FERRAMENTA DESENVOLVIDA PELO LNEC DESIGNADA " APLICAÇÃO LNEC - VENTILAÇÃO REH E RECS "

Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento $R_{p,i}$	0,49	h^{-1}
--	------	----------

Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento $R_{ph,v}$	0,6	h^{-1}
---	-----	----------

Existe sistema de ventilação mecânica em funcionamento contínuo?	Não
--	-----

Caracterização dos Sistemas Instalados na Fracção

Aplicar a simplificação relativa à contabilização de pontes térmicas planas considerando um ao agravamento da transmissão térmica da zona corrente da envolvente em 35%? ☒ Sim

Optar pela regra de simplificação relativa ao cálculo do sombreamento? Não

Envolvente Exterior:

⁽ⁱ⁾ A caixa-de-ar de considera-se fortemente ventilada se $A > 1500 \text{ mm}^2/\text{m}^2$

⁽ⁱⁱⁱ⁾ A face interior do revestimento exterior é de baixa emissividade se $\varepsilon \leq 0.2$

[illegible]

[illegible]

(continuação)

(iii) Factor solar do vidro para uma incidência normal ao vão.

^(iv) Factor solar global do vão com todos os dispositivo de proteção solar permanentes ou móveis totalmente ativados (para uma incidência normal à superfície). Caso não existam é igual ao factor solar do vidro.

^(v) Factor solar global do vão com todos os dispositivo de protecção solar permanentes totalmente ativados (para uma incidência normal à superfície). Caso não existam é igual ao factor solar do vidro.

[illegible]

[illegible]

(continuação)

[illegible][illegible]

Elementos em contacto com o solo - CÁLCULO DE ACORDO COM A EN13370:2007

Considerar a simplificação relativa ao cálculo da transmissão pelos elementos em contacto com o solo?

Qual o valor da condutibilidade térmica do solo $\lambda^{(vi)}$? 2,0 W/(m.*C)

^(vi) A Norma EN 13370 recomenda o uso de $\lambda=2.0 \text{ W/(m.}^\circ\text{C)}$ se a condutibilidade térmica do solo é desconhecida.

Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade $z \leq 0$) com ou sem isolamentos térmico perimetral.								
PAVIMENTOS TÉRREOS ($z \leq 0$) ^(VII)	Área	R_f					$U_{f,eq}$	$U_{f,eq,REF}$
Descrição	m ²	m ² ·°C/W					W/m ² ·°C	W/m ² ·°C
							-	0,50
							-	
							-	
							-	
							-	

PAVIMENTOS ENTERRADOS ($z > 0$)	Área	Profundidade média z	R_f			U_{bf}	$U_{bf REF}$
-----------------------------------	------	---------------------------	-------	--	--	----------	--------------

[illegible][illegible][illegible]

CAMPOS A PREENCHER APENAS PARA O CASO DE COBERTURAS EM DESVÃO

[illegible][illegible]

ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO (xii)	ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO (xiii)
------------------------------	---------------------------------

[illegible][illegible]

Pontes Térmicas Lineares (envolvente interior)

Cálculo das pontes térmicas lineares de acordo com a metodologia simplificada?	Sim
--	-----

(xiv) Note-se que, em ligações de fachada com pavimento intermédio ou varanda os valores tabelados do coeficiente de transmissão térmica linear Ψ apresentados dizem respeito a METADE da ligação global, correspondendo apenas à perda no andar superior ou no andar inferior.

[illegible]

volar;

Caracterização da Fracção

Caracterização dos Sistemas Instalados na Fracção

Caracterização da Envolvente Exterior

Caracterização da Envolvente Interior

Indicadores Energéticos		valor de cálculo	valor de referência
Nic	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Aquecimento (kWh.m²/ano)	73,5	41,8
Nvc	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Arrefecimento (kWh.m²/ano)	7,8	9,1
Qa	Energia Útil necessária para preparação de AQS (kWh/ano)	2 377	2 377
Wvm	Energia eléctrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica (kWh/ano)	0	
Eren	Energia produzida a partir de fontes renováveis (kWh/ano)	0	
Eren, ext	Energia exportada proveniente de fontes renováveis (kWh/ano)		
Ntc	Necessidades nominais anuais globais de energia primária Ntc (kWh.m²/ano)	105,91	50,84

Indicadores de Desempenho

	Valor de referência (kWh.m²/ano)	Valor de cálculo (kWh.m²/ano)	Renovável (%)
Aquecimento	10,9	31,0	0%
Arrefecimento	2,1	3,3	0%
AQS	18,3	20,4	0%
Energia Renovável (%)	0%		
Emissões de CO2 (t/ano)		2,4	

Dados Climáticos

Graus-dias	1 399		
Zona Climática de Inverno	I2	Zona Climática de Verão	V2
Temperatura Média Exterior Inverno (°C)	9	Temperatura Média Exterior Verão (°C)	20,9
Duração da estação de arrefecimento (meses)	4	Duração da estação de aquecimento (meses)	6,7

Indicadores de Aquecimento (ver separador "A-Transmissão")

Indicadores de Arrefecimento (ver separador "D-Ganhos Verão")

Síntese

Classe de Inércia Térmica do Edifício	Ap (m²)	150,82		
	Pd (m)	2,70		
	Aenv (m²)	15,28		
	Média			
	Cálculo		Referência	
	Aenv/Ap	10%	10%	
A - Transmissão	Hext (W/°C)	248,9	135,1	perdas de calor através da envolvente exterior
	Hint (W/°C)	155,8	49,6	perdas de calor através de elementos em contacto com o solo
	Hecs (W/°C)	0	0	
	Htr (W/°C)	404,7	184,6	
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,49	0,49	Perdas associadas à renovação de ar
	Hve,i (W/°C)	67,8	67,8	
	Rph,v (h-1)	0,60	-	
	Hve,v (W/°C)	83,1	-	
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	2923	2923	Ganhos Internos no inverno
	Qsol,i (kWh/ano)	2018	686	
	Qg,i (kWh/ano)	4941	3609	
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	1766	-	Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento Qtr,i
	Qsol,v (kWh/ano)	3318	-	
	Qg,v (kWh/ano)	5085	8057	
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	13584	6197	Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento Qve,i
	Qve,i (kWh/ano)	2277	2277	
	ηi	0,97	0,60	
	Qgu,i (kWh/ano)	4774	2165	Ganhos totais úteis na estação de aquecimento Qgu,i
F - Energia para Arrefecimento	Nic (kWh/m².ano)	73,51	42	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Aquecimento Nic
	Qtr,v (kWh/ano)	4843	-	Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento Qtr,v
	Qve,v (kWh/ano)	994	-	Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento Qve,v
	ηv	0,77	0,83	
	Qg,v (kWh/ano)	5085	8057	
	Nvc (kWh/m².ano)	7,75	9	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento Nvc
G - Energia Global	Aquecimento (kWhEP/m².ano)	77,38	27,16	Energia primária para aquecimento
		73%	53%	
	Arrefecimento (kWhEP/m².ano)	8,16	5,35	Energia primária para arrefecimento
		8%	11%	
	feh	1,00	1,00	
	Qa/Ap (kWh/m².ano)	15,76	15,76	
	AQS (kWhEP/m².ano)	20,36	18,33	Energia primária para a preparação de AQS
		19%	36%	
	Vent. Mecânica (kWhEP/m².ano)	0,00	0	Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica
		0%	0%	
	Eren (kWh/ano)	0	0	Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável
	Renovável (kWhEP/m².ano)	0,00	0	
		0%	0%	
	Global (kWhEP/m².ano)	105,91	50,84	Necessidades nominais anuais globais de energia primária Ntc

CLASSE ENERGÉTICA Ntc/Nt 2,08 E

**Cálculo Térmico do apartamento com a execução da solução alternativa
para execução da medida de melhoria n.º1 [Mm1(2)]**

VENTILAÇÃO (EFFECTUAR CÁLCULO NA FERRAMENTA DESENVOLVIDA PELO LNEC DESIGNADA " APLICAÇÃO LNEC - VENTILAÇÃO REH E RECS"

Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento R_{hi}	0,49	h^{-1}
---	------	----------

Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento $R_{h,v}$	0,6	h^{-1}
--	-----	----------

Existe sistema de ventilação mecânica em funcionamento contínuo?	Não
--	-----

Caracterização dos Sistemas Instalados na Fracção

Aplicar a simplificação relativa à contabilização de pontes térmicas planas considerando um ao agravamento da transmissão térmica da zona corrente da envolvente em 35%?	Sim
--	-----

Optar pela regra de simplificação relativa ao cálculo do sombreamento?	Não
--	-----

Envolvente Exterior:

⁽¹⁾ A caixa-de-ar de considera-se fortemente ventilada se $A > 1500 \text{ mm}^2/\text{m}^2$

(iii) A face interior do revestimento exterior é de baixa emissividade se $\varepsilon \leq 0.2$

[illegible]

[illegible]

(continuação)

(iii) Factor solar do vidro para uma incidência normal ao vão.

^(iv) Factor solar global do vão com todos os dispositivo de proteção solar permanentes ou móveis totalmente ativados (para uma incidência normal à superfície). Caso não existam é igual ao factor solar do vidro.

^(v) Factor solar global do vão com todos os dispositivo de protecção solar permanentes totalmente ativados (para uma incidência normal à superfície). Caso não existam é igual ao factor solar do vidro.

[illegible]

[illegible]

(continuação)

[illegible][illegible]

Elementos em contacto com o solo - CÁLCULO DE ACORDO COM A EN13370:2007

Considerar a simplificação relativa ao cálculo da transmissão pelos elementos em contacto com o solo?

Qual o valor da condutibilidade térmica do solo $\lambda^{(VI)}$? 2,0 W/(m.*C)

^(vi) A Norma EN 13370 recomenda o uso de $\lambda=2.0 \text{ W/(m.}^\circ\text{C)}$ se a condutibilidade térmica do solo é desconhecida.

Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade z ≤ 0) com ou sem isolamentos térmico perimetral.							
PAVIMENTOS TÉRREOS (z ≤ 0) ^(VII)	Área	R _f				U _{e,eq}	U _{e,eq REF}
Descrição	m ²	m ² ·°C/W				W/m ² ·°C	W/m ² ·°C
						-	0,50
						-	
						-	
						-	
						-	

PAVIMENTOS ENTERRADOS ($z > 0$)	Área	Profundidade média z	R_f			U_{bf}	U_{bREF}
-----------------------------------	------	---------------------------	-------	--	--	----------	------------

[illegible][illegible][illegible]

CAMPOS A PREENCHER APENAS PARA O CASO DE COBERTURAS EM DESVÃO

[illegible][illegible]

ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO (xii)	ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO (xiii)
------------------------------	---------------------------------

[illegible][illegible]

Pontes Térmicas Lineares (envolvente interior)

Cálculo das pontes térmicas lineares de acordo com a metodologia simplificada?	Sim
--	-----

(xiv) Note-se que, em ligações de fachada com pavimento intermédio ou varanda os valores tabelados do coeficiente de transmissão térmica linear Ψ apresentados dizem respeito a METADE da ligação global, correspondendo apenas à perda no andar superior ou no andar inferior.

[illegible]

volar:

Caracterização da Fracção

Caracterização dos Sistemas Instalados na Fracção

Caracterização da Envolvente Exterior

Caracterização da Envolvente Interior

Indicadores Energéticos		valor de cálculo	valor de referência
Nic	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Aquecimento (kWh.m²/ano)	75,5	41,8
Nvc	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Arrefecimento (kWh.m²/ano)	7,0	9,1
Qa	Energia Útil necessária para preparação de AQS (kWh/ano)	2 377	2 377
Wvm	Energia eléctrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica (kWh/ano)	0	
Eren	Energia produzida a partir de fontes renováveis (kWh/ano)	0	
Eren, ext	Energia exportada proveniente de fontes renováveis (kWh/ano)		
Ntc	Necessidades nominais anuais globais de energia primária Ntc (kWh.m²/ano)	107,26	50,84

Indicadores de Desempenho

	Valor de referência (kWh.m²/ano)	Valor de cálculo (kWh.m²/ano)	Renovável (%)
Aquecimento	10,9	31,8	0%
Arrefecimento	2,1	3,0	0%
AQS	18,3	20,4	0%
Energia Renovável (%)	0%		
Emissões de CO2 (t/ano)		2,4	

Dados Climáticos

Graus-dias	1 399		
Zona Climática de Inverno	I2	Zona Climática de Verão	V2
Temperatura Média Exterior Inverno (°C)	9	Temperatura Média Exterior Verão (°C)	20,9
Duração da estação de arrefecimento (meses)	4	Duração da estação de aquecimento (meses)	6,7

Indicadores de Aquecimento (ver separador "A-Transmissão")

Indicadores de Arrefecimento (ver separador "D-Ganhos Verão")

Síntese

Classe de Inércia Térmica do Edifício	Ap (m²)	150,82		
	Pd (m)	2,70		
	Aenv (m²)	15,28		
	Cálculo	Referência		
		10%	10%	
A - Transmissão	Aenv/Ap	10%	10%	
	Hext (W/°C)	258,1	135,1	perdas de calor através da envolvente exterior
	Hint (W/°C)	155,8	49,6	perdas de calor através de elementos em contacto com o solo
	Hecs (W/°C)	0	0	
B - Ventilação	Htr (W/°C)	413,9	184,6	
	Rph,i (h-1)	0,49	0,49	
	Hve,i (W/°C)	67,8	67,8	Perdas associadas à renovação de ar
	Rph,v (h-1)	0,60	-	
	Hve,v (W/°C)	83,1	-	
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	2923	2923	Ganhos Internos no inverno
	Qsol,i (kWh/ano)	2018	686	
	Qg,i (kWh/ano)	4941	3609	
	Qint,v (kWh/ano)	1766	-	
D - Ganhos Arrefecimento	Qsol,v (kWh/ano)	3175	-	
	Qg,v (kWh/ano)	4942	8057	
	Qtr,i (kWh/ano)	13893	6197	Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento Qtr,i
E - Energia nominal para Aquecimento	Qve,i (kWh/ano)	2277	2277	Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento Qve,i
	ηi	0,97	0,60	
	Qgu,i (kWh/ano)	4781	2165	Ganhos totais úteis na estação de aquecimento Qgu,i
	Nic (kWh/m².ano)	75,51	42	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Aquecimento Nic
F - Energia para Arrefecimento	Qtr,v (kWh/ano)	4953	-	Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento Qtr,v
	Qve,v (kWh/ano)	994	-	Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento Qve,v
	ηv	0,79	0,83	
	Qg,v (kWh/ano)	4942	8057	
	Nvc (kWh/m².ano)	7,03	9	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento Nvc
G - Energia Global	Aquecimento (kWhEP/m².ano)	79,49	27,16	Energia primária para aquecimento
		74%	53%	
	Arrefecimento (kWhEP/m².ano)	7,40	5,35	Energia primária para arrefecimento
		7%	11%	
	feh	1,00	1,00	
	Qa/Ap (kWh/m².ano)	15,76	15,76	
	AQS (kWhEP/m².ano)	20,36	18,33	Energia primária para a preparação de AQS
		19%	36%	
	Vent. Mecânica (kWhEP/m².ano)	0,00	0	Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica
		0%	0%	
	Eren (kWh/ano)	0	0	
	Renovável (kWhEP/m².ano)	0,00	0	Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável
		0%	0%	
	Global (kWhEP/m².ano)	107,26	50,84	Necessidades nominais anuais globais de energia primária Ntc

CLASSE ENERGÉTICA Ntc/Nt 2,11 E

**Cálculo Térmico do apartamento com a execução da medida de
melhoria n.º2 (Mm2)**

Caracterização da Fração

Caracterização dos Sistemas Instalados na Fração

[Sistemas de Climatização para Aquecimento do Ar Interior](#)
[Sistemas de Climatização para Arrefecimento do Ar Interior](#)
[Sistema para a Produção de Águas Quentes Sanitárias \(AQS\)](#)
[Sistemas com Recurso a Energias Renováveis](#)
[Sistema de Ventilação](#)

Caracterização da Envolvente Exterior

[Paredes Exteriores](#)
[Pavimentos Sobre o Exterior](#)
[Coberturas Exteriores](#)
[Vãos Envidraçados Exteriores](#)
[Vãos Opacos Exteriores](#)
[Elementos em Contacto com o Solo](#)
[Paredes Enterradas](#)
[Pavimentos Enterrados](#)
[Pavimentos Térreos](#)
[Pontes Térmicas Lineares da Envolvente Exterior](#)

Caracterização da Envolvente Interior

[Definição dos Espaços Não-Úteis](#)
[Paredes Interiores](#)
[Pavimentos Sobre Espaços Não-Úteis](#)
[Coberturas Sob Espaços Não-Úteis](#)
[Vãos Interiores](#)
[Pontes Térmicas Lineares da Envolvente Interior](#)

Síntese dos Resultados



IteCons · Rua Pedro Hispano · Pólo II da Universidade de Coimbra · 3030-289 Coimbra

NIPC: 507 487 648 · T. +351 239 79 89 49 · F. +351 239 79 89 39 · www.itecons.uc.pt · e-mail: itecons@itecons.uc.pt

Caracterização da Fração:

EXISTENTE

Edifício/FA situada no município Região NUTS III Região
 a uma altitude de m distância à costa Rugosidade
 Edifício situado
 Área útil de Pavimento Pé-direito médio ROADMAP
 Tipologia Classe de Inércia Térmica do Edifício

Sistemas:

O edifício dispõe de rede de abastecimento de combustível líquido ou gasoso? Qual?

Existe aplicação de isolamento na tubagem de distribuição de AQS com resistência térmica $\geq 0.25 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$?

Os chuveiros ou sistemas de duche da fração possuem certificado de eficiência hídrica com rótulo A ou superior?

⁽¹⁾ caso o edifício se encontre abrangido pela rede urbana CLIMAESPAÇO devem ser considerados os sistemas por defeito.

AQUECIMENTO	Tipo de Equipamento ⁽¹⁾	Fonte de energia associada	Existe informação?	Eficiência Nominal	Fracção servida %	Idade do Sistema	Eficiência Base	Eficiência Corrigida
Designação do Sistema								
equipamento utilizado pontualmente tendo em conta a ocupação do espaço	Unidades chiller c/ permuta ar-água	Electricidade	Não		100	1 a 10 anos	3	2,38
							-	-
							-	-
							-	-
							-	-
Sistema por defeito		Electricidade		1	0	Novo		1

ARREFECIMENTO	Tipo de Equipamento ⁽¹⁾	Fonte de energia associada	Existe informação?	Eficiência Nominal	Fracção servida %	Idade do Sistema	Eficiência Base	Eficiência Corrigida
Designação do Sistema								
equipamento utilizado pontualmente tendo em conta a ocupação do espaço	Unidades chiller c/ permuta ar-água	Electricidade	Não		100	1 a 10 anos	3	2,38
							-	-
							-	-
							-	-
							-	-
Sistema por defeito		Electricidade		2,80	0	Novo		2,80

PRODUÇÃO DE AQS	Tipo de Equipamento ⁽¹⁾	Fonte de energia associada	Existe informação?	Eficiência Nominal	Fracção servida %	Idade do Sistema	Eficiência Base	Eficiência Corrigida
Designação do Sistema								
	Termoacumulador eléctrico	Electricidade	Não		100	1 a 10 anos	1	0,86
							-	-
							-	-
							-	-
							-	-
Sistema por defeito		GPL (canalizado)		0,77	0	Novo		0,77

ENERGIA RENOVÁVEL PRODUZIDA PARA CONSUMO	Tipo de Sistema	Fonte de Energia Renovável	Contribuição Anual E_{ren} kWh/ano	Parcela p/ aquecimento %	Parcela p/ arrefecimento %	Parcela p/ AQS %	Parcela p/ Ventilação %
Designação do Sistema							

VENTILAÇÃO EFFECTUAR CÁLCULO NA FERRAMENTA DESENVOLVIDA PELO LNEC DESIGNADA " APLICAÇÃO LNEC - VENTILAÇÃO REH E RECS "

Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento $R_{p,h,i}$	0,49	h^{-1}
--	------	----------

Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento $R_{ph,v}$	0,6	h^{-1}
---	-----	----------

Existe sistema de ventilação mecânica em funcionamento contínuo?	Não
--	-----

Caracterização dos Sistemas Instalados na Fracção

Aplicar a simplificação relativa à contabilização de pontes térmicas planas considerando um ao agravamento da transmissão térmica da zona corrente da envolvente em 35%? Não

Optar pela regra de simplificação relativa ao cálculo do sombreamento? Não

Envolvente Exterior:

⁽ⁱ⁾ A caixa-de-ar de considera-se fortemente ventilada se $A > 1500 \text{ mm}^2/\text{m}^2$

(iii) A face interior do revestimento exterior é de baixa emissividade se $\epsilon \leq 0.2$

[illegible]

[illegible]

(continuação)

(iii) Factor solar do vidro para uma incidência normal ao vão.

^(iv) Factor solar global do vão com todos os dispositivo de proteção solar permanentes ou móveis totalmente ativados (para uma incidência normal à superfície). Caso não existam é igual ao factor solar do vidro.

^(v) Factor solar global do vão com todos os dispositivo de protecção solar permanentes totalmente ativados (para uma incidência normal à superfície). Caso não existam é igual ao factor solar do vidro.

[illegible]

[illegible][illegible]

Elementos em contacto com o solo - CÁLCULO DE ACORDO COM A EN13370:2007

Considerar a simplificação relativa ao cálculo da transmissão pelos elementos em contacto com o solo?

Sim

Qual o valor da condutibilidade térmica do solo $\lambda^{(VI)}$? 2,0 W/(m.*C)

2,0

W/(m.°C)

^(vi) A Norma EN 13370 recomenda o uso de $\lambda=2.0 \text{ W/(m} \cdot ^\circ\text{C)}$ se a condutibilidade térmica do solo é desconhecida.

(viii) Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade $z \leq 0$) com ou sem isolamentos térmico perimetral.

Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade z50) com ou sem isolamentos térmico perimetral.							
PAVIMENTOS TÉRREOS (z≤0) ^(VII)	Área	R _f				U _{f,RQ}	U _{f,RQ REF}
Descrição	m ²	m ² ·°C/W				W/m ² ·°C	W/m ² ·°C
						-	0,50
						-	
						-	
						-	
						-	

[illegible][illegible]

CAMPOS A PREENCHER APENAS PARA O CASO DE COBERTURAS EM DESVÃO

[illegible][illegible]

ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO (xii)	ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO (xiii)
------------------------------	---------------------------------

[illegible][illegible]

Pontes Térmicas Lineares (envolvente interior)

Cálculo das pontes térmicas lineares de acordo com a metodologia simplificada?	Sim
--	-----

(xiv) Note-se que, em ligações de fachada com pavimento intermédio ou varanda os valores tabelados do coeficiente de transmissão térmica linear Ψ apresentados dizem respeito a METADE da ligação global, correspondendo apenas à perda no andar superior ou no andar inferior.

[illegible]

volar;

Caracterização da Fracção

Caracterização dos Sistemas Instalados na Fracção

Caracterização da Envolvente Exterior

Caracterização da Envolvente Interior

Indicadores Energéticos		valor de cálculo	valor de referência
Nic	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Aquecimento (kWh.m²/ano)	67,6	45,3
Nvc	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Arrefecimento (kWh.m²/ano)	6,0	9,1
Qa	Energia Útil necessária para preparação de AQS (kWh/ano)	2 377	2 377
Wvm	Energia eléctrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica (kWh/ano)	0	
Eren	Energia produzida a partir de fontes renováveis (kWh/ano)	0	
Eren, ext	Energia exportada proveniente de fontes renováveis (kWh/ano)		
Ntc	Necessidades nominais anuais globais de energia primária Ntc (kWh.m²/ano)	97,93	53,08

Indicadores de Desempenho

	Valor de referência (kWh.m²/ano)	Valor de cálculo (kWh.m²/ano)	Renovável (%)
Aquecimento	11,8	28,5	0%
Arrefecimento	2,1	2,5	0%
AQS	18,3	20,4	0%
Energia Renovável (%)	0%		
Emissões de CO2 (t/ano)		2,2	

Dados Climáticos

Graus-dias	1 399		
Zona Climática de Inverno	I2	Zona Climática de Verão	V2
Temperatura Média Exterior Inverno (°C)	9	Temperatura Média Exterior Verão (°C)	20,9
Duração da estação de arrefecimento (meses)	4	Duração da estação de aquecimento (meses)	6,7

Indicadores de Aquecimento (ver separador "A-Transmissão")

Indicadores de Arrefecimento (ver separador "D-Ganhos Verão")

Síntese

Classe de Inércia Térmica do Edifício	Ap (m²)	150,82		
	Pd (m)	2,70		
	Aenv (m²)	15,28		
	Cálculo	Referência		
		10%	10%	
A - Transmissão	Aenv/Ap	10%	10%	
	Hext (W/°C)	239,0	150,5	perdas de calor através da envolvente interior
	Hint (W/°C)	138,6	49,6	perdas de calor através de elementos em contacto com o solo
	Heccs (W/°C)	0	0	
B - Ventilação	Htr (W/°C)	377,6	200,1	
	Rph,i (h-1)	0,49	0,49	
	Hve,i (W/°C)	67,8	67,8	Perdas associadas à renovação de ar
	Rph,v (h-1)	0,60	-	
C - Ganhos Aquecimento	Hve,v (W/°C)	83,1	-	
	Qint,i (kWh/ano)	2923	2923	Ganhos Internos no inverno
	Qsol,i (kWh/ano)	2018	686	
	Qg,i (kWh/ano)	4941	3609	
D - Ganhos Arrefecimento	Qint,v (kWh/ano)	1766	-	
	Qsol,v (kWh/ano)	2679	-	
	Qg,v (kWh/ano)	4446	8057	
E - Energia nominal para Aquecimento	Qtr,i (kWh/ano)	12675	6716	Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento Qtr,i
	Qve,i (kWh/ano)	2277	2277	Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento Qve,i
	ηi	0,96	0,60	
	Qgu,i (kWh/ano)	4751	2165	Ganhos totais úteis na estação de aquecimento Qgu,i
F - Energia para Arrefecimento	Nic (kWh/m².ano)	67,64	45	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Aquecimento Nic
	Qtr,v (kWh/ano)	4519	-	Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento Qtr,v
	Qve,v (kWh/ano)	994	-	Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento Qve,v
	ηv	0,79	0,83	
	Qg,v (kWh/ano)	4446	8057	
	Nvc (kWh/m².ano)	6,05	9	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento Nvc
G - Energia Global	Aquecimento (kWhEP/m².ano)	71,20	29,40	Energia primária para aquecimento
		73%	55%	
	Arrefecimento (kWhEP/m².ano)	6,37	5,35	Energia primária para arrefecimento
		7%	10%	
	feh	1,00	1,00	
	Qa/Ap (kWh/m².ano)	15,76	15,76	
	AQS (kWhEP/m².ano)	20,36	18,33	Energia primária para a preparação de AQS
		21%	35%	
	Vent. Mecânica (kWhEP/m².ano)	0,00	0	Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica
		0%	0%	
	Eren (kWh/ano)	0	0	
	Renovável (kWhEP/m².ano)	0,00	0	Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável
		0%	0%	
	Global (kWhEP/m².ano)	97,93	53,08	Necessidades nominais anuais globais de energia primária Ntc

CLASSE ENERGÉTICA Ntc/Nt 1,85 D

**Cálculo Térmico do apartamento com a execução da medida de
melhoria n.º3 (Mm3)**

Caracterização da Fração

Caracterização dos Sistemas Instalados na Fração

[Sistemas de Climatização para Aquecimento do Ar Interior](#)
[Sistemas de Climatização para Arrefecimento do Ar Interior](#)
[Sistema para a Produção de Águas Quentes Sanitárias \(AQS\)](#)
[Sistemas com Recurso a Energias Renováveis](#)
[Sistema de Ventilação](#)

Caracterização da Envolvente Exterior

[Paredes Exteriores](#)
[Pavimentos Sobre o Exterior](#)
[Coberturas Exteriores](#)
[Vãos Envidraçados Exteriores](#)
[Vãos Opacos Exteriores](#)
[Elementos em Contacto com o Solo](#)
[Paredes Enterradas](#)
[Pavimentos Enterrados](#)
[Pavimentos Térreos](#)
[Pontes Térmicas Lineares da Envolvente Exterior](#)

Caracterização da Envolvente Interior

[Definição dos Espaços Não-Úteis](#)
[Paredes Interiores](#)
[Pavimentos Sobre Espaços Não-Úteis](#)
[Coberturas Sob Espaços Não-Úteis](#)
[Vãos Interiores](#)
[Pontes Térmicas Lineares da Envolvente Interior](#)

Síntese dos Resultados



IteCons · Rua Pedro Hispano · Pólo II da Universidade de Coimbra · 3030-289 Coimbra

NIPC: 507 487 648 · T. +351 239 79 89 49 · F. +351 239 79 89 39 · www.itecons.uc.pt · e-mail: itecons@itecons.uc.pt

Caracterização da Fração:

EXISTENTE

Edifício/FA situada no município Região NUTS III Região
 a uma altitude de m distância à costa Rugosidade
 Edifício situado
 Área útil de Pavimento Pé-direito médio ROADMAP
 Tipologia Classe de Inércia Térmica do Edifício

Sistemas:

O edifício dispõe de rede de abastecimento de combustível líquido ou gasoso? Qual?

Existe aplicação de isolamento na tubagem de distribuição de AQS com resistência térmica $\geq 0.25 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$?

Os chuveiros ou sistemas de duche da fração possuem certificado de eficiência hídrica com rótulo A ou superior?

⁽¹⁾ caso o edifício se encontre abrangido pela rede urbana CLIMAESPAÇO devem ser considerados os sistemas por defeito.

AQUECIMENTO	Tipo de Equipamento ⁽¹⁾	Fonte de energia associada	Existe informação?	Eficiência Nominal	Fracção servida %	Idade do Sistema	Eficiência Base	Eficiência Corrigida
Designação do Sistema								
equipamento utilizado pontualmente tendo em conta a ocupação do espaço	Unidades chiller c/ permuta ar-água	Electricidade	Não		100	1 a 10 anos	3	2,38
							-	-
							-	-
							-	-
							-	-
Sistema por defeito		Electricidade		1	0	Novo		1

ARREFECIMENTO	Tipo de Equipamento ⁽¹⁾	Fonte de energia associada	Existe informação?	Eficiência Nominal	Fracção servida %	Idade do Sistema	Eficiência Base	Eficiência Corrigida
Designação do Sistema								
equipamento utilizado pontualmente tendo em conta a ocupação do espaço	Unidades chiller c/ permuta ar-água	Electricidade	Não		100	1 a 10 anos	3	2,38
							-	-
							-	-
							-	-
							-	-
Sistema por defeito		Electricidade		2,80	0	Novo		2,80

PRODUÇÃO DE AQS	Tipo de Equipamento ⁽¹⁾	Fonte de energia associada	Existe informação?	Eficiência Nominal	Fracção servida %	Idade do Sistema	Eficiência Base	Eficiência Corrigida
Designação do Sistema								
	Termoacumulador eléctrico	Electricidade	Não		100	1 a 10 anos	1	0,86
							-	-
							-	-
							-	-
							-	-
Sistema por defeito		GPL (canalizado)		0,77	0	Novo		0,77

ENERGIA RENOVÁVEL PRODUZIDA PARA CONSUMO	Tipo de Sistema	Fonte de Energia Renovável	Contribuição Anual E_{ren} kWh/ano	Parcela p/ aquecimento %	Parcela p/ arrefecimento %	Parcela p/ AQS %	Parcela p/ Ventilação %
Designação do Sistema							

VENTILAÇÃO EFFECTUAR CÁLCULO NA FERRAMENTA DESENVOLVIDA PELO LNEC DESIGNADA " APLICAÇÃO LNEC - VENTILAÇÃO REH E RECS "

Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento $R_{p,h,i}$	0,49	h^{-1}
--	------	----------

Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento $R_{ph,v}$	0,6	h^{-1}
---	-----	----------

Existe sistema de ventilação mecânica em funcionamento contínuo?	Não
--	-----

Caracterização dos Sistemas Instalados na Fracção

Aplicar a simplificação relativa à contabilização de pontes térmicas planas considerando um ao agravamento da transmissão térmica da zona corrente da envolvente em 35%? Não

Optar pela regra de simplificação relativa ao cálculo do sombreamento? Não

Envolvente Exterior:

⁽ⁱ⁾ A caixa-de-ar de considera-se fortemente ventilada se $A > 1500 \text{ mm}^2/\text{m}^2$

⁽ⁱⁱⁱ⁾ A face interior do revestimento exterior é de baixa emissividade se $\varepsilon \leq 0.2$

[illegible]

[illegible]

(continuação)

(iii) Factor solar do vidro para uma incidência normal ao vão.

^(iv) Factor solar global do vão com todos os dispositivo de proteção solar permanentes ou móveis totalmente ativados (para uma incidência normal à superfície). Caso não existam é igual ao factor solar do vidro.

^(v) Factor solar global do vão com todos os dispositivo de protecção solar permanentes totalmente ativados (para uma incidência normal à superfície). Caso não existam é igual ao factor solar do vidro.

[illegible]

[illegible]

(continuação)

[illegible][illegible]

Elementos em contacto com o solo - CÁLCULO DE ACORDO COM A EN13370:2007

Considerar a simplificação relativa ao cálculo da transmissão pelos elementos em contacto com o solo?

Qual o valor da condutibilidade térmica do solo $\lambda^{(VI)}$? 2,0 W/(m.*C)

^(vi) A Norma EN 13370 recomenda o uso de $\lambda=2.0 \text{ W/(m.}^\circ\text{C)}$ se a condutibilidade térmica do solo é desconhecida.

PAVIMENTOS TÉRREOS ($z \leq 0$) ^(vii)	Área	R_t					$U_{t,eq}$	$U_{t,eq,REF}$
Descrição	m ²	m ² ·°C/W					W/m ² ·°C	W/m ² ·°C
							-	0,50
							-	
							-	
							-	
							-	

PAVIMENTOS ENTERRADOS (z>0)	Área	Profundidade média z	R _f			U _{bf}	U _{bf REF}
-----------------------------	------	-------------------------	----------------	--	--	-----------------	---------------------

[illegible][illegible][illegible]

CAMPOS A PREENCHER APENAS PARA O CASO DE COBERTURAS EM DESVÃO

[illegible][illegible]

ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO (xii)	ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO (xiii)
------------------------------	---------------------------------

[illegible][illegible]

Pontes Térmicas Lineares (envolvente interior)

Cálculo das pontes térmicas lineares de acordo com a metodologia simplificada?	Sim
--	-----

(xiv) Note-se que, em ligações de fachada com pavimento intermédio ou varanda os valores tabelados do coeficiente de transmissão térmica linear Ψ apresentados dizem respeito a METADE da ligação global, correspondendo apenas à perda no andar superior ou no andar inferior.

[illegible]

volar;

Caracterização da Fracção

Caracterização dos Sistemas Instalados na Fracção

Caracterização da Envolvente Exterior

Caracterização da Envolvente Interior

Indicadores Energéticos		valor de cálculo	valor de referência
Nic	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Aquecimento (kWh.m²/ano)	79,6	45,3
Nvc	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Arrefecimento (kWh.m²/ano)	6,9	9,1
Qa	Energia Útil necessária para preparação de AQS (kWh/ano)	2 377	2 377
Wvm	Energia eléctrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica (kWh/ano)	0	
Eren	Energia produzida a partir de fontes renováveis (kWh/ano)	0	
Eren, ext	Energia exportada proveniente de fontes renováveis (kWh/ano)		
Ntc	Necessidades nominais anuais globais de energia primária Ntc (kWh.m²/ano)	111,39	53,08

Indicadores de Desempenho

	Valor de referência (kWh.m²/ano)	Valor de cálculo (kWh.m²/ano)	Renovável (%)
Aquecimento	11,8	33,5	0%
Arrefecimento	2,1	2,9	0%
AQS	18,3	20,4	0%
Energia Renovável (%)	0%		
Emissões de CO2 (t/ano)		2,5	

Dados Climáticos

Graus-dias	1 399		
Zona Climática de Inverno	I2	Zona Climática de Verão	V2
Temperatura Média Exterior Inverno (°C)	9	Temperatura Média Exterior Verão (°C)	20,9
Duração da estação de arrefecimento (meses)	4	Duração da estação de aquecimento (meses)	6,7

Indicadores de Aquecimento (ver separador "A-Transmissão")

Indicadores de Arrefecimento (ver separador "D-Ganhos Verão")

Síntese

Classe de Inércia Térmica do Edifício	Ap (m²)	150,82			
	Pd (m)	2,70			
	Aenv (m²)	15,28			
	Média				
	Cálculo		Referência		
	Aenv/Ap	10%	10%		
A - Transmissão	Hext (W/°C)	269,1	150,5	perdas de calor através da envolvente interior	
	Hint (W/°C)	155,8	49,6		
	Hecs (W/°C)	0	0	perdas de calor através de elementos em contacto com o solo	
	Htr (W/°C)	424,8	200,1		
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,49	0,49	Perdas associadas à renovação de ar	
	Hve,i (W/°C)	67,8	67,8		
	Rph,v (h-1)	0,60	-		
	Hve,v (W/°C)	83,1	-		
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	2923	2923	Ganhos Internos no inverno	
	Qsol,i (kWh/ano)	1740	686		
	Qg,i (kWh/ano)	4662	3609		
	Qint,v (kWh/ano)	1766	-		
D - Ganhos Arrefecimento	Qsol,v (kWh/ano)	3199	-		
	Qg,v (kWh/ano)	4966	8057		
	Qtr,i (kWh/ano)	14262	6716		Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento Qtr,i
	Qve,i (kWh/ano)	2277	2277		
E - Energia nominal para Aquecimento	ηi	0,97	0,60	Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento Qve,i	
	Qgu,i (kWh/ano)	4537	2165		
	Nic (kWh/m².ano)	79,58	45	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Aquecimento Nic	
	Qtr,v (kWh/ano)	5084	-		
F - Energia para Arrefecimento	Qve,v (kWh/ano)	994	-	Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento Qtr,v	
	ηv	0,79	0,83		
	Qg,v (kWh/ano)	4966	8057	Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento Qve,v	
	Nvc (kWh/m².ano)	6,89	9		
	Aquecimento (kWhEP/m².ano)	83,77	29,40	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento Nvc	
		75%	55%		
G - Energia Global	Arrefecimento (kWhEP/m².ano)	7,25	5,35	Energia primária para aquecimento	
		7%	10%		
	feh	1,00	1,00	Energia primária para arrefecimento	
	Qa/Ap (kWh/m².ano)	15,76	15,76		
	AQS (kWhEP/m².ano)	20,36	18,33		
		18%	35%		
	Vent. Mecânica (kWhEP/m².ano)	0,00	0	Energia primária para a preparação de AQS	
		0%	0%		
	Eren (kWh/ano)	0	0	Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica	
	Renovável (kWhEP/m².ano)	0,00	0		
	0%	0%			
	Global (kWhEP/m².ano)	111,39	53,08	Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável	
				Necessidades nominais anuais globais de energia primária Ntc	

CLASSE ENERGÉTICA Ntc/Nt 2,10 E

**Cálculo Térmico do apartamento com a execução de todas as
medidas de melhoria (Mm1+Mm2+Mm3)**

Caracterização da Fração

Caracterização dos Sistemas Instalados na Fração

[Sistemas de Climatização para Aquecimento do Ar Interior](#)
[Sistemas de Climatização para Arrefecimento do Ar Interior](#)
[Sistema para a Produção de Águas Quentes Sanitárias \(AQS\)](#)
[Sistemas com Recurso a Energias Renováveis](#)
[Sistema de Ventilação](#)

Caracterização da Envolvente Exterior

[Paredes Exteriores](#)
[Pavimentos Sobre o Exterior](#)
[Coberturas Exteriores](#)
[Vãos Envidraçados Exteriores](#)
[Vãos Opacos Exteriores](#)
[Elementos em Contacto com o Solo](#)
[Paredes Enterradas](#)
[Pavimentos Enterrados](#)
[Pavimentos Térreos](#)
[Pontes Térmicas Lineares da Envolvente Exterior](#)

Caracterização da Envolvente Interior

[Definição dos Espaços Não-Úteis](#)
[Paredes Interiores](#)
[Pavimentos Sobre Espaços Não-Úteis](#)
[Coberturas Sob Espaços Não-Úteis](#)
[Vãos Interiores](#)
[Pontes Térmicas Lineares da Envolvente Interior](#)

Síntese dos Resultados



IteCons · Rua Pedro Hispano · Pólo II da Universidade de Coimbra · 3030-289 Coimbra

NIPC: 507 487 648 · T. +351 239 79 89 49 · F. +351 239 79 89 39 · www.itecons.uc.pt · e-mail: itecons@itecons.uc.pt

Caracterização da Fração:

EXISTENTE

Edifício/FA situada no município Região NUTS III Região
 a uma altitude de m distância à costa Rugosidade
 Edifício situado
 Área útil de Pavimento Pé-direito médio ROADMAP
 Tipologia Classe de Inércia Térmica do Edifício

Sistemas:

O edifício dispõe de rede de abastecimento de combustível líquido ou gasoso? Qual?

Existe aplicação de isolamento na tubagem de distribuição de AQS com resistência térmica $\geq 0.25 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$?

Os chuveiros ou sistemas de duche da fração possuem certificado de eficiência hídrica com rótulo A ou superior?

⁽¹⁾ caso o edifício se encontre abrangido pela rede urbana CLIMAESPAÇO devem ser considerados os sistemas por defeito.

AQUECIMENTO	Tipo de Equipamento ⁽¹⁾	Fonte de energia associada	Existe informação?	Eficiência Nominal	Fracção servida %	Idade do Sistema	Eficiência Base	Eficiência Corrigida
Designação do Sistema								
equipamento utilizado pontualmente tendo em conta a ocupação do espaço	Unidades chiller c/ permuta ar-água	Electricidade	Não		100	1 a 10 anos	3	2,38
							-	-
							-	-
							-	-
							-	-
Sistema por defeito		Electricidade		1	0	Novo		1

ARREFECIMENTO	Tipo de Equipamento ⁽¹⁾	Fonte de energia associada	Existe informação?	Eficiência Nominal	Fracção servida %	Idade do Sistema	Eficiência Base	Eficiência Corrigida
Designação do Sistema								
equipamento utilizado pontualmente tendo em conta a ocupação do espaço	Unidades chiller c/ permuta ar-água	Electricidade	Não		100	1 a 10 anos	3	2,38
							-	-
							-	-
							-	-
							-	-
Sistema por defeito		Electricidade		2,80	0	Novo		2,80

PRODUÇÃO DE AQS	Tipo de Equipamento ⁽¹⁾	Fonte de energia associada	Existe informação?	Eficiência Nominal	Fracção servida %	Idade do Sistema	Eficiência Base	Eficiência Corrigida
Designação do Sistema								
	Termoacumulador eléctrico	Electricidade	Não		100	1 a 10 anos	1	0,86
							-	-
							-	-
							-	-
							-	-
Sistema por defeito		GPL (canalizado)		0,77	0	Novo		0,77

ENERGIA RENOVÁVEL PRODUZIDA PARA CONSUMO	Tipo de Sistema	Fonte de Energia Renovável	Contribuição Anual E_{ren} kWh/ano	Parcela p/ aquecimento %	Parcela p/ arrefecimento %	Parcela p/ AQS %	Parcela p/ Ventilação %
Designação do Sistema							

VENTILAÇÃO EFFECTUAR CÁLCULO NA FERRAMENTA DESENVOLVIDA PELO LNEC DESIGNADA " APLICAÇÃO LNEC - VENTILAÇÃO REH E RECS"

Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento $R_{ph,i}$ 0,49 h^{-1}

Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento $R_{ph,v}$ 0,6 h⁻¹

Existe sistema de ventilação mecânica em funcionamento contínuo? Não

Caracterização dos Sistemas Instalados na Fracção

Aplicar a simplificação relativa à contabilização de pontes térmicas planas considerando um ao agravamento da transmissão térmica da zona corrente da envolvente em 35%? Não

Optar pela regra de simplificação relativa ao cálculo do sombreamento? Não

Envolvente Exterior:

⁽ⁱ⁾ A caixa-de-ar de considera-se fortemente ventilada se $A > 1500 \text{ mm}^2/\text{m}^2$

(iii) A face interior do revestimento exterior é de baixa emissividade se $\epsilon \leq 0.2$

[illegible]

[illegible]

(continuação)

(iii) Factor solar do vidro para uma incidência normal ao vão.

^(iv) Factor solar global do vão com todos os dispositivo de proteção solar permanentes ou móveis totalmente ativados (para uma incidência normal à superfície). Caso não existam é igual ao factor solar do vidro.

^(v) Factor solar global do vão com todos os dispositivo de protecção solar permanentes totalmente ativados (para uma incidência normal à superfície). Caso não existam é igual ao factor solar do vidro.

[illegible]

[illegible]

(continuação)

[illegible][illegible]

Elementos em contacto com o solo - CÁLCULO DE ACORDO COM A EN13370:2007

Considerar a simplificação relativa ao cálculo da transmissão pelos elementos em contacto com o solo?

Qual o valor da condutibilidade térmica do solo $\lambda^{(VI)}$? 2,0 W/(m.*C)

^(vi) A Norma EN 13370 recomenda o uso de $\lambda=2.0 \text{ W/(m.}^\circ\text{C)}$ se a condutibilidade térmica do solo é desconhecida.

Incluir os pavimentos em contacto com o solo ao nível do pavimento exterior (profundidade $z \leq 0$) com ou sem isolamentos térmico perimetral.								
PAVIMENTOS TÉRREOS ($z \leq 0$) ^(VII)	Área	R_f					$U_{t,eq}$	$U_{t,eq,REF}$
Descrição	m ²	m ² ·°C/W					W/m ² ·°C	W/m ² ·°C
							-	0,50
							-	
							-	
							-	

PAVIMENTOS ENTERRADOS (z>0)	Área	Profundidade média z	R _f			U _{bf}	U _{0 REF}
-----------------------------	------	-------------------------	----------------	--	--	-----------------	--------------------

[illegible][illegible][illegible]

CAMPOS A PREENCHER APENAS PARA O CASO DE COBERTURAS EM DESVÃO

[illegible][illegible]

ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO (xii)	ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO (xiii)
------------------------------	---------------------------------

[illegible][illegible]

Pontes Térmicas Lineares (envolvente interior)

Cálculo das pontes térmicas lineares de acordo com a metodologia simplificada?	Sim
--	-----

(xiv) Note-se que, em ligações de fachada com pavimento intermédio ou varanda os valores tabelados do coeficiente de transmissão térmica linear Ψ apresentados dizem respeito a METADE da ligação global, correspondendo apenas à perda no andar superior ou no andar inferior.

[illegible]

volar:

Caracterização da Fracção

Caracterização dos Sistemas Instalados na Fracção

Caracterização da Envolvente Exterior

Caracterização da Envolvente Interior

Indicadores Energéticos		valor de cálculo	valor de referência
Nic	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Aquecimento (kWh.m²/ano)	51,6	41,8
Nvc	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Arrefecimento (kWh.m²/ano)	6,1	9,1
Qa	Energia Útil necessária para preparação de AQS (kWh/ano)	2 377	2 377
Wvm	Energia eléctrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica (kWh/ano)	0	
Eren	Energia produzida a partir de fontes renováveis (kWh/ano)	0	
Eren, ext	Energia exportada proveniente de fontes renováveis (kWh/ano)		
Ntc	Necessidades nominais anuais globais de energia primária Ntc (kWh.m²/ano)	81,14	50,84

Indicadores de Desempenho

	Valor de referência (kWh.m²/ano)	Valor de cálculo (kWh.m²/ano)	Renovável (%)
Aquecimento	10,9	21,7	0%
Arrefecimento	2,1	2,6	0%
AQS	18,3	20,4	0%
Energia Renovável (%)	0%		
Emissões de CO2 (t/ano)		1,8	

Dados Climáticos

Graus-dias	1 399		
Zona Climática de Inverno	I2	Zona Climática de Verão	V2
Temperatura Média Exterior Inverno (°C)	9	Temperatura Média Exterior Verão (°C)	20,9
Duração da estação de arrefecimento (meses)	4	Duração da estação de aquecimento (meses)	6,7

Indicadores de Aquecimento (ver separador "A-Transmissão")

Indicadores de Arrefecimento (ver separador "D-Ganhos Verão")

Síntese

Classe de Inércia Térmica do Edifício	Ap (m²)	150,82		
	Pd (m)	2,70		
	Aenv (m²)	15,28		
		Média		
		Cálculo	Referência	
A - Transmissão	Aenv/Ap	10%	10%	
	Hext (W/°C)	157,0	135,1	perdas de calor através da envolvente interior
	Hint (W/°C)	138,6	49,6	perdas de calor através de elementos em contacto com o solo
	Hecs (W/°C)	0	0	
	Htr (W/°C)	295,6	184,6	
B - Ventilação	Rph,i (h-1)	0,49	0,49	Perdas associadas à renovação de ar
	Hve,i (W/°C)	67,8	67,8	
	Rph,v (h-1)	0,60	-	
	Hve,v (W/°C)	83,1	-	
C - Ganhos Aquecimento	Qint,i (kWh/ano)	2923	2923	Ganhos Internos no inverno
	Qsol,i (kWh/ano)	1740	686	
	Qg,i (kWh/ano)	4662	3609	
	Qint,v (kWh/ano)	1766	-	
D - Ganhos Arrefecimento	Qsol,v (kWh/ano)	2213	-	Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento Qtr,i Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento Qve,i
	Qg,v (kWh/ano)	3979	8057	
	Qtr,i (kWh/ano)	9923	6197	
	Qve,i (kWh/ano)	2277	2277	
E - Energia nominal para Aquecimento	ηi	0,95	0,60	Ganhos totais úteis na estação de aquecimento Qgu,i Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil para Aquecimento Nic Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento Qtr,v Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento Qve,v
	Qgu,i (kWh/ano)	4418	2165	
	Nic (kWh/m².ano)	51,60	42	
	Qtr,v (kWh/ano)	3537	-	
F - Energia para Arrefecimento	Qve,v (kWh/ano)	994	-	
	ηv	0,77	0,83	
	Qg,v (kWh/ano)	3979	8057	
	Nvc (kWh/m².ano)	6,14	9	
G - Energia Global	Aquecimento (kWhEP/m².ano)	54,31	27,16	Necessidades Nominais Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento Nvc Energia primária para aquecimento
		67%	53%	
	Arrefecimento (kWhEP/m².ano)	6,46	5,35	Energia primária para arrefecimento
		8%	11%	
	feh	1,00	1,00	Energia primária para a preparação de AQS
	Qa/Ap (kWh/m².ano)	15,76	15,76	
	AQS (kWhEP/m².ano)	20,36	18,33	
		25%	36%	
	Vent. Mecânica (kWhEP/m².ano)	0,00	0	Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica
		0%	0%	
	Eren (kWh/ano)	0	0	Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável
	Renovável (kWhEP/m².ano)	0,00	0	
		0%	0%	
	Global (kWhEP/m².ano)	81,14	50,84	Necessidades nominais anuais globais de energia primária Ntc

CLASSE ENERGÉTICA Ntc/Nt 1,60 D

QUADRO II.16 (cont.)

COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA
COBERTURAS HORIZONTAIS (EM TERRAÇO)

ISOLAMENTO TÉRMICO PELO EXTERIOR

(FLUXO DESCENDENTE)

$U [W/(m^2 \cdot ^\circ C)]$

B Isolante sobre impermeabilização (cobertura "invertida")

Isolante térmico			Protecção do isolante	Estrutura resistente							
Produto (massa vol.) [kg/m³]	λ [W/(m.°C)]	esp. [mm]		Laje maciça	Laje aligeirada						
					blocos cerâmicos		blocos de betão normal		blocos de betão leve		
				Espessura da laje [m]							
				0,10 0,20	0,13 0,15	0,33 0,35	0,13 0,15	0,33 0,35	0,13 0,15	0,33 0,35	
PS (5-40)	0,037	30	revestimento aderente aplicado em fábrica	0,66	0,63	0,54	0,64	0,58	0,63	0,56	
		40		0,56	0,54	0,47	0,54	0,50	0,54	0,48	
		60		0,43	0,42	0,38	0,42	0,39	0,42	0,38	
		80		0,35	0,34	0,31	0,34	0,32	0,34	0,32	
		100		0,29	0,29	0,27	0,29	0,28	0,29	0,27	
		30	pesada (lajetas, selxo, ...)	0,61	0,58	0,51	0,59	0,54	0,58	0,52	
		40		0,52	0,50	0,45	0,51	0,47	0,50	0,45	
		60		0,41	0,40	0,36	0,40	0,37	0,39	0,37	
		80		0,33	0,33	0,30	0,33	0,31	0,32	0,30	
		100		0,28	0,28	0,26	0,28	0,27	0,28	0,26	

QUADRO II.2

COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA

PAREDES SIMPLES DE FACHADA

ISOLAMENTO TÉRMICO PELO EXTERIOR

$$U [W/(m^2 \cdot ^\circ C)]$$

(A) – Sistema de isolamento térmico pelo exterior
com revestimento aplicado sobre o isolante (ETICS)

Isolante térmico			Pano de alvenaria				Parede de betão
			tijolo furado	blocos de betão normal	blocos de betão leve	pedra	
Produto (massa vol.) [kg/m³]	λ [W/(m.°C)]	esp. [mm]	Espessura da alvenaria [m]				
			0,20 a 0,24	0,20 a 0,30	0,20 a 0,30	0,40 a 0,60	0,10 a 0,20
EPS (15-20)	0,040	30	0,67	0,78	0,67	0,90	0,98
		40	0,58	0,65	0,58	0,74	0,79
		60	0,45	0,49	0,45	0,54	0,56
		80	0,37	0,40	0,37	0,42	0,44
MW (100-180)	0,042	30	0,69	0,80	0,69	0,93	1,0
		40	0,59	0,68	0,59	0,76	0,82
		60	0,46	0,51	0,46	0,56	0,59
		80	0,38	0,41	0,38	0,44	0,46

QUADRO II.2 (cont.)

COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA

PAREDES SIMPLES DE FACHADA

ISOLAMENTO TÉRMICO PELO EXTERIOR

$$U [W/(m^2 \cdot ^\circ C)]$$

B - Revestimento independente contínuo ou descontínuo

(B1) – Fixação com suportes pontuais (pernos ou gatos)

Isolante térmico			Pano de alvenaria				Parede de betão
			tijolo furado	blocos de betão normal	blocos de betão leve	pedra	
Produto (massa vol.) [kg/m³]	λ [W/(m.°C)]	esp. [mm]	Espessura da alvenaria [m]				
			0,20 a 0,24	0,20 a 0,30	0,20 a 0,30	0,40 a 0,60	0,10 a 0,20
XPS (25-40)	0,037	30	0,67	0,76	0,67	0,86	0,92
		40	0,59	0,65	0,59	0,72	0,76
		60	0,47	0,51	0,47	0,57	0,55
		80	0,40	0,42	0,40	0,46	0,44
EPS (15-20) MW (35-100) PIR/PUR (20-50)	0,040	30	0,70	0,80	0,70	0,90	0,96
		40	0,61	0,68	0,61	0,76	0,80
		60	0,49	0,53	0,49	0,58	0,60
		80	0,41	0,44	0,41	0,47	0,48
EPS (13-15) MW (100-180) PIR/PUR Proj. (20-50)	0,042	30	0,71	0,81	0,71	0,93	0,99
		40	0,62	0,70	0,62	0,78	0,82
		60	0,50	0,55	0,50	0,60	0,62
		80	0,43	0,46	0,43	0,49	0,50
ICB (90-140)	0,045	30	0,73	0,84	0,73	0,96	1,0
		40	0,65	0,73	0,65	0,81	0,86
		60	0,52	0,57	0,52	0,62	0,65
		80	0,44	0,48	0,44	0,51	0,53

Estrutura de suporte do revestimento exterior	Valores de U indicados no quadro anterior <u>acrescidos</u> de [W/(m ² .°C)]
(B2) - Perfis de madeira interrompendo o isolante térmico	0,02
(B3) - Perfis metálicos interrompendo o isolante térmico	0,08
(B4) - Perfis de madeira ou metálicos fixados a suportes metálicos pontuais	0,02

QUADRO II.4

COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA

PAREDES DUPLAS DE FACHADA

SEM ISOLAMENTO TÉRMICO

 U [$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$]

Constituição dos panos		Espessura dos panos [m]	U [$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$]
Tijolo furado	Tijolo furado	0,11 + 0,11	1,1
		0,11 + 0,15	0,96
		0,15 + 0,15	0,86
	Tijolo maciço	0,11 + 0,11 0,15 + 0,11	1,3 1,1
Blocos de betão normal	Blocos de betão normal	0,11 + 0,11	1,4
		0,11 + 0,15	1,3
		0,15 + 0,15	1,3
Blocos de betão leve	Blocos de betão leve	0,11 + 0,11	1,1
		0,11 + 0,15	1,0
		0,15 + 0,15	0,99
Alvenaria de pedra	Tijolo furado	(0,40 a 0,60) + 0,11	1,2
		(0,40 a 0,60) + 0,15	1,1
	Tijolo maciço	(0,40 a 0,60) + 0,11	1,5
		(0,40 a 0,60) + 0,15	1,4
	Blocos de betão normal	(0,40 a 0,60) + 0,11	1,4
		(0,40 a 0,60) + 0,15	1,3
Parede de betão	Tijolo furado	(0,10 a 0,20) + 0,11	1,4
		(0,10 a 0,20) + 0,15	1,2
	Tijolo maciço	(0,10 a 0,20) + 0,11	1,7
		(0,10 a 0,20) + 0,15	1,6
	Blocos de betão normal	(0,10 a 0,20) + 0,11	1,6
		(0,10 a 0,20) + 0,15	1,5
	Blocos de betão leve	(0,10 a 0,20) + 0,11	1,4
		(0,10 a 0,20) + 0,15	1,3

NOTAS:

- 1- Os valores do quadro aplicam-se independentemente da ordem (exterior / interior) dos panos constituintes.
- 2- Os valores de U apresentados podem ser utilizados para soluções de paredes sem revestimento numa ou em ambas as faces.

QUADRO III.2
COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA
VÃOS ENVIDRAÇADOS VERTICAIS
CAIXILHARIA METÁLICA
 U [$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$]
A – SEM CORTE TÉRMICO

Tipo de vão envidraçado	Número de vidros	Tipo de janela	Esp. da lâmina de ar [mm]	$U_w^{(1)}$ [$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$]	$U_{wdn}^{(2)}$ [$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$]		
					Dispositivo de oclusão noturna		
					Cortina interior opaca	Outros dispositivos	
						Com permeabilidade ao ar elevada	Com permeabilidade ao ar baixa
Simples (1 janela)	1 (vidro simples)	fixa	—	6,0	4,9	4,5	3,8
		giratória	—	6,2	5,0	4,6	3,9
		de correr	—	6,5	5,2	4,8	4,1
	2 (vidro duplo)	fixa	6	3,9	3,4	3,2	2,8
			16	3,5	3,1	2,9	2,6
			16 low ϵ ⁽³⁾	3,1	2,8	2,6	2,3
		giratória	6	4,3	3,7	3,4	3,0
			16	3,8	3,3	3,1	2,7
			16 low ϵ ⁽³⁾	3,6	3,2	3,0	2,6
		de correr	6	4,5	3,9	3,6	3,1
			16	4,0	3,5	3,3	2,9
			16 low ϵ ⁽³⁾	3,7	3,3	3,1	2,7
Duplo ⁽⁴⁾ (2 janelas)	1 (vidro simples) em cada janela	fixa, giratória ou de correr	50 a 100 mm (distância entre janelas)	3,1	2,8	2,6	2,3

NOTAS:

- 1 - U_w , coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçado, aplicável a locais sem ocupação noturna (vd. texto 4.5).
- 2 - U_{wdn} , coeficiente de transmissão térmica médio dia-noite do vão envidraçado (inclui a contribuição dos eventuais dispositivos de oclusão noturna), aplicável a locais com ocupação noturna (vd. texto 4.5). Se o vão envidraçado não dispõe de dispositivos de oclusão noturna, $U_{wdn} = U_w$.
- 3 - Para os vidros com baixa emissividade (low ϵ) considera-se uma emitância $\epsilon = 0,40$. Para outros valores de ϵ vd. texto 4.5.
- 4 - Nas janelas duplas admite-se que ambas as janelas têm o mesmo tipo de vidro simples e de caixilho metálico. Para outras combinações de janelas vd. texto 4.5.

QUADRO III.2 (cont.)

COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA

VÃOS ENVIDRAÇADOS VERTICAIS

CAIXILHARIA METÁLICA

U [$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$]

B – COM CORTE TÉRMICO

Tipo de vão envidraçado	Número de vidros	Tipo de janela	Esp. da lâmina de ar [mm]	$U_w^{(1)}$ [W/(m ² . °C)]	$U_{wdn}^{(2)}$ [W/(m ² . °C)]		
					Dispositivo de oclusão noturna		
					Cortina interior opaca	Outros dispositivos	
						Com permeabilidade ao ar elevada	Com permeabilidade ao ar baixa
Simples (1 janela)	1 (vidro simples)	fixa, giratória ou de correr	—	5,4	4,5	4,1	3,6
	2		6	3,7	3,3	3,1	2,7
	(vidro duplo)		16	3,3	2,9	2,8	2,5
			16 low ε ⁽³⁾	3,0	2,7	2,6	2,3

NOTAS:

- 1 - U_w , coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçado, aplicável a locais sem ocupação noturna (vd. texto 4.5).
- 2 - U_{wdn} , coeficiente de transmissão térmica médio dia-noite do vão envidraçado (inclui a contribuição dos eventuais dispositivos de oclusão noturna), aplicável a locais com ocupação noturna (vd. texto 4.5). Se o vão envidraçado não dispõe de dispositivos de oclusão noturna, $U_{wdn} = U_w$.
- 3 - Para os vidros com baixa emissividade (low ϵ) considera-se uma emitância $\epsilon = 0,40$. Para outros valores de ϵ , ver texto 4.5.

Detalhes da faturação

Eletricidade

	Data Inicial	Data Final	Leitura Inicial	Leitura Final	Quantidade	Preço Unitário (€)	Valor (€)	IVA (%)
Energia ativa cheias medido (kWh)	17-10-2014	17-11-2014	2.204	2.403	199	0,1528	30,41	23
Potência contratada 3,45 kVA (dias)	17-10-2014	17-11-2014			32	0,1526	4,89	23
Imp. Esp. Cons. Eletricidade	17-10-2014	17-11-2014			199	0,0010	0,20	23
Taxa de Exploração Eléctrica					1	0,0700	0,07	23

IVA (23 % de 35,57 €)

Total Eletricidade *

8,18
43,75

Outros Débitos/Créditos

Contribuição audiovisual					1	2,6500	2,65	6
--------------------------	--	--	--	--	---	--------	------	---

IVA (6 % de 2,65 €)

Total Outros Débitos/Créditos

0,16
2,81

Total faturado no mês

€ 46,56

* O total indicado inclui os encargos relativos ao Acesso às Redes no valor de 20,86 Euros, IVA não incluído (Valor independente do comercializador de energia elétrica). Os custos de interesse económico geral (CIEG) incluídos no Acesso às Redes correspondem a 9,39 Euros, IVA não incluído.

Leituras/Consumos (kWh)

Contador		Tipo	Data Inicial	Leitura Inicial	Data Final	Leitura Final	Consumo
10062095	WC	Medido	17-10-14	2.204	17-11-14	2.403	199

Outras informações relativas ao Contrato

Número de Identificação Fiscal **101865929**

Número de Cliente **CL005800**

Número de Local de Consumo **005800**

Número de Contador **10062095**

Zona Geográfica **C**

Código de Ponto de Entrega

PT0008000000005800CQ

Tarifa **BTN SIMPLES 20.7**

Tipo de Ciclo

Titular do Contrato e

Morada do Local de Consumo

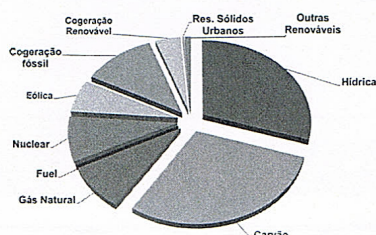
MANUEL FERNANDO NOGUEIRA

Travessa Nossa Senhora da Conceição

N. 72,

4775-270 Viatodos

Fontes de Energia



A eletricidade faturada foi produzida a partir das seguintes fontes de energia: **Hídrica: 29,9%; Carvão: 29,1%; Gás natural: 8,4%; Fuel: 0,2%; Nuclear: 8,6%; Eólica: 6,4%; Cogeração fóssil: 11,8%; Cogeração Renovável: 4,2%; Resíduos Sólidos Urbanos: 0,3%;** Emissão de CO2 associado ao consumo de energia desta fatura: 70,13 kg.

Saiba mais sobre produção da sua eletricidade, designadamente sobre as fontes de energia utilizadas, as emissões atmosféricas provocadas e os resíduos radioativos produzidos, em www.ceve.pt e www.erse.pt.

*O mix apresentado corresponde ao verificado no ano de 2013



PAGAMENTO NA REDE MULTIBANCO

Em qualquer Caixa Automático, após introduzir o seu cartão e o respetivo código secreto, seleccione em "PAGAMENTOS" a operação "PAGAMENTO DE SERVIÇOS" e digite os dados constantes no canto inferior esquerdo desta Fatura/Recibo. Deve seguidamente confirmá-los premindo a tecla verde, concluindo a operação. O talão emitido pelo Caixa Automático, será válido como prova de pagamento.



PAGAMENTO NAS ESTAÇÕES E POSTOS DE CORREIO

O pagamento poderá ser feito em qualquer estação dos CTT, em numerário ou cheque emitido à ordem dos "Correios de Portugal, SA", bastando apresentar este documento. A vinheta e a marca do dia dos CTT fazem prova do pagamento.



PAGAMENTOS NOS AGENTES PAYSHOP

O pagamento poderá ser feito em qualquer Agente PAYSHOP, devidamente identificado, contra a apresentação da Fatura/Recibo. O recibo emitido faz prova do pagamento.



PAGAMENTO POR CHEQUE OU VALE POSTAL

No pagamento através do envio de cheque ou vale postal (até à data limite de pagamento), o mesmo deverá ser emitido à ordem de CEVE, com indicação, no verso, do número da fatura e número de consumidor.

A falta de pagamento ou o pagamento efetuado para além do prazo limite

Taxa de Inflação (Taxa de Variação - Índice de Preços no Consumidor)

Taxa de variação - %

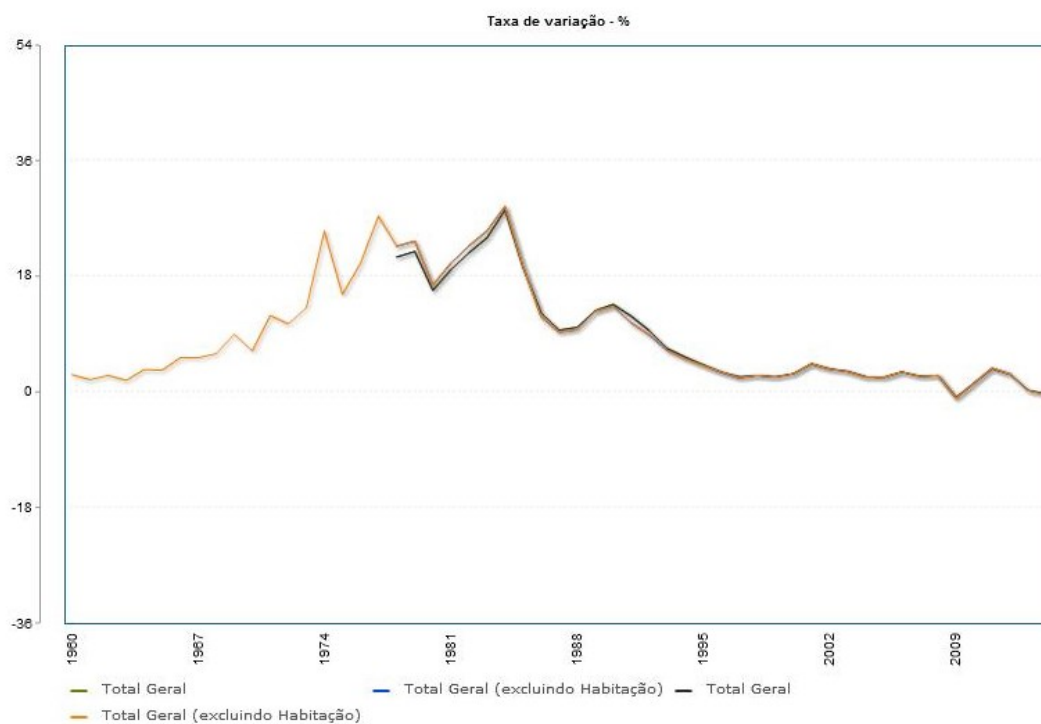
Anos	Portugal	Continente		
	Total Geral	Total Geral (excluindo Habitação)	Total Geral	Total Geral (excluindo Habitação)
1960	x	x	x	2,70
1961	x	x	x	1,90
1962	x	x	x	2,60
1963	x	x	x	1,80
1964	x	x	x	3,50
1965	x	x	x	3,40
1966	x	x	x	5,30
1967	x	x	x	5,30
1968	x	x	x	6,00
1969	x	x	x	9,00
1970	x	x	x	6,40
1971	x	x	x	11,90
1972	x	x	x	10,60
1973	x	x	x	13,10
1974	x	x	x	25,10
1975	x	x	x	15,20
1976	x	x	x	20,00
1977	x	x	x	27,40
1978	21,04	22,68	21,03	22,70
1979	21,89	23,52	21,90	23,50
1980	15,87	16,68	15,87	16,68
1981	19,04	20,03	19,04	20,04
1982	21,68	22,76	21,68	22,75
1983	24,00	25,09	24,00	25,09
1984	28,38	28,88	28,39	28,89
1985	19,46	19,63	19,46	19,63
1986	12,33	11,75	12,33	11,75
1987	9,64	9,33	9,63	9,33
1988	10,10	9,67	10,10	9,67
1989	12,68	12,58	12,69	12,58
1990	13,63	13,37	13,63	13,37
1991	11,85	10,76	11,78	10,72
1992	9,56	8,89	9,57	8,92
1993	6,78	6,47	6,76	6,46
1994	5,42	5,17	5,41	5,16
1995	4,22	4,12	4,21	4,10
1996	3,07	3,06	3,10	3,10
1997	2,34	2,16	2,34	2,17
1998	2,57	2,57	2,58	2,58
1999	2,34	2,31	2,34	2,31
2000	2,85	2,82	2,87	2,84
2001	4,37	4,38	4,39	4,41
2002	3,60	3,54	3,60	3,54
2003	3,22	3,19	3,22	3,19
2004	2,37	2,34	2,35	2,32

Anos	Portugal		Continente	
	Total Geral	Total Geral (excluindo Habitação)	Total Geral	Total Geral (excluindo Habitação)
2005	2,28	2,24	2,27	2,23
2006	3,11	3,10	3,11	3,10
2007	2,45	2,43	2,45	2,43
2008	2,59	2,56	2,58	2,55
2009	-0,83	-0,98	-0,86	-1,01
2010	1,40	1,38	1,39	1,37
2011	3,65	3,73	3,66	3,74
2012	2,77	2,80	2,73	2,75
2013	0,27	0,25	0,23	0,20
2014	-0,28	-0,40	-0,28	-0,41

Fontes/Entidades: INE, PORDATA
Última actualização: 2015-01-13
Última actualização: 2015-01-13

Simbologia

⊥ Quebra de série	Pro Valor provisório	Pre Valor preliminar
... Confidencial	x Valor não disponível	e Dado inferior a metade do módulo da unidade utilizada
// Não aplicável	f Valor previsto	§ Dado com coeficiente de variação elevado
- Ausência de valor	Rv Valor revisto	(R) Dados rectificados pela entidade responsável



Taxa de Inflação (Taxa de Variação - Índice de Preços no Consumidor)

Âmbito geográfico:	Portugal
Operação estatística:	Índice de Preços no Consumidor (IPC)
Tipo de operação estatística:	Inquérito amostral
Período ou momento de referência:	Ano civil
Periodicidade:	Mensal/Anual
Entidade responsável:	INE
Notas:	Os valores apresentados têm como referência a Base 2012 do Índice de Preços no Consumidor.

Conceitos

Nome	Descrição	Definição
Índice de Preços no Consumidor (IPC)	O índice de preços no consumidor é um indicador que permite medir a inflação do país, acompanhando a variação dos preços de um "cabaz" de bens e de serviços representativo das despesas das famílias portuguesas. Os preços recolhidos por todo o país incluem uma grande variedade de produtos de grande consumo como alimentação, bebidas e tabaco; vestuário e calçado; habitação, água, gás e outros combustíveis; acessórios para o lar, equipamento doméstico e manutenção corrente da habitação; saúde; transportes, comunicações; lazer, recreação e cultura; restauração e hotelaria.	Indicador que tem por finalidade medir a evolução dos preços de um conjunto de bens e serviços considerados representativos da estrutura de consumo da população residente em Portugal. O IPC não é um indicador de níveis de preços mas sim um indicador de síntese sobre a variação dos preços no consumidor ao longo do tempo. (metainformação – INE)
Preços no Consumidor	Os preços no consumidor são um indicador de quanto os consumidores pagam quando compram um bem ou um serviço.	Quantia paga pelas famílias na aquisição de bens e serviços individuais baseados em transações monetárias. Esta quantia corresponde ao valor que o adquirente efectivamente paga no momento de aquisição e inclui todos os impostos indirectos líquidos de subsídios sobre os produtos, reduções e descontos desde que de aplicação generalizada aos consumidores, e exclui juros e outros custos associados à compra a crédito. (metainformação – INE)
Inflação	A inflação é o aumento continuado dos preços da generalidade dos bens e serviços. Também se costuma designar inflação negativa ou deflação a descida dos preços da generalidade dos bens e serviços.	A inflação é um aumento no nível geral de preços de bens e serviços. Quando há inflação numa economia, o valor do dinheiro diminui porque um determinado montante vai comprar menos bens e serviços do que antes. A inflação numa economia é frequentemente calculada através da análise de uma cesta de bens e serviços e da comparação das alterações nos preços dos bens que compõem a cesta ao longo do tempo. A taxa de inflação é a variação percentual do índice de preços durante um determinado período relativamente ao registado num período anterior. Geralmente é calculada anualmente. (metainformação – Eurostat)

Série

Série	Unidade de Medida	Tipo de Valor	Escala	Notas	Fórmula	Fórmula Matemática
Portugal		Taxa de variação	%			
Continente		Taxa de variação	%			


```
select tema_id, tema_nome from tema where tema_id =
%%Error: Running query
%%You have an error in your SQL syntax near " at line 1
```



Valor Actual Líquido - VAL

Taxa de actualização

A determinação desta taxa constitui um factor crítico da política de uma empresa, já que irá condicionar a aceitação ou rejeição de intenções de investimento e, logo, influenciar o seu futuro.

A Taxa de Actualização é também conhecida por custo de oportunidade do capital ou taxa mínima de rendibilidade do projecto. Não é mais do que a rendibilidade que o investidor exige para implementar um projecto de investimento e irá servir para actualizar os cash flows gerados pelo mesmo.

Composição da Taxa de Actualização

A Taxa de Actualização é constituída por três componentes (taxas):

$$TA = [(1+T1) \times (1+T2) \times (1+T3)] - 1$$

T1 : [Rendimento real] - corresponde à remuneração real desejada para os capitais próprios (normalmente utiliza-se a taxa de remuneração real de activos sem risco).

T2 : [Prémio de Risco] - consiste no prémio anual de risco. Corresponde à taxa dependente da evolução económica, financeira, global e sectorial do projecto, bem como ao montante total envolvido no projecto.

T3 : [Inflação] - taxa de inflação.

Esta componente apenas fará parte da taxa de actualização quando os cash flows do projecto estiverem calculados a preços correntes, isto é, com a inflação.

Concluindo, a Taxa de Actualização:

deve ser criteriosamente escolhida, de modo a poder corresponder ao mais alto rendimento que se possa conseguir de investimentos alternativos;

- aumenta o grau de credibilidade de que o analista necessita para a sua apreciação do projecto;
- representa, portanto, o valor temporal do dinheiro como custo de oportunidade.

Determinação do valor actual líquido:

O método do cálculo do VAL tem em conta o valor temporal do dinheiro, pelo que é necessário sujeitar os cash flows a um factor de actualização $(1 + \text{Taxa de Actualização})$.

Este critério traduz-se no cálculo do somatório dos cash flows (CF_k) anuais, actualizados à Taxa de Actualização (TA):

$$VAL = \frac{-\text{Investimento}}{(1+TA)^0} + \frac{CF_1}{(1+TA)^1} + \frac{CF_2}{(1+TA)^2} + \dots + \frac{\text{Valor Residual}}{(1+TA)^N}$$

Um projecto de investimento é constituído por três partes distintas:

- Ano de Investimento;
- Anos do Projecto;
- Ano de Desinvestimento.

O Ano de Investimento corresponde ao ano em que se procede ao investimento necessário para implementar o projecto (Ex.: compra de equipamentos, compra de terrenos e edifícios, etc.).

Os Anos do Projecto correspondem aos anos efectivos de laboração da empresa, ou seja, são os anos em que a empresa apresenta proveitos e custos.

O Ano de Desinvestimento corresponde ao ano de venda da empresa.

Quando um projecto termina, alguns dos bens do investimento realizado (exemplo: edifícios, equipamentos, material de transporte, etc.) mantêm algum valor. Torna-se necessário contabilizá-lo como receita, no fim da vida útil do projecto de investimento. Este valor não é mais do que a empresa irá receber pela venda do seu imobilizado no final de vida útil do projecto.

No caso de não existir valor de mercado para um determinado bem, deverá considerar-se o seu Valor Residual (valor líquido contabilístico).

$$\text{Valor Residual} = \text{Valor de Aquisição} - \text{Amortizações Acumuladas}$$

Quando um bem do imobilizado é vendido, origina:

- Uma mais-valia, quando o valor da venda é superior ao valor líquido contabilístico;
- Uma menos-valia, quando o valor da venda é inferior ao valor líquido contabilístico.

As mais-valias e as menos-valias são consideradas, respectivamente, uma receita ou uma despesa do exercício em que se originam, sendo o seu saldo, como tal, tributado normalmente pelo imposto sobre o rendimento.

$$\text{IRC} \pm \text{Valias} = (\text{Valor de Venda} - \text{Valor Residual}) \times (\text{Taxa de IRC})$$

Na prática, desinveste-se pelo valor de venda no ano após o fim da sua vida útil e, nesse mesmo ano, determina-se o IRC gerado pela sua mais ou menos valia.

Podemos então definir o método do VAL através da seguinte fórmula:

$$\text{VAL} = \sum_{k=0}^N \frac{\text{CF}_k}{(1 + \text{TA})^k}$$

CF_k - Cash Flow do período K (Inclui a componente de investimento, exploração e desinvestimento)

N - Número de anos do projecto de investimento (Inclui a componente de investimento, exploração e desinvestimento)

TA - Taxa de Actualização

Análise do resultado do VAL

VAL > 0 - Estamos perante um projecto economicamente viável, uma vez que o VAL superior a 0 permite cobrir o investimento inicial, bem como a remuneração mínima exigida pelo investidor (TA), e ainda gerar um excedente financeiro.

VAL = 0 - O projecto é economicamente viável, uma vez que permite a completa recuperação do investimento inicial, bem como a obtenção mínima exigida pelos investidores (TA). Podemos concluir que um projecto com um VAL = 0 corre sérios riscos de se tornar inviável.

VAL < 0 - Estamos perante um projecto economicamente inviável.

Quanto maior for o VAL, maior será a probabilidade do projecto ser viável economicamente, já que um VAL positivo significa que as receitas geradas são superiores aos custos.

Influência da Taxa de Actualização no VAL

Quanto maior for a Taxa de Actualização, menor será o VAL, uma vez que estamos a exigir uma maior rentabilidade do projecto de investimento, isto é, estamos a ser mais exigentes na rentabilidade que pretendemos obter com a implementação do projecto de investimento.

O contrário também é verdade, ou seja, quanto menor a Taxa de Actualização maior será o VAL.

Efeito Fiscal das Amortizações no VAL

Existem basicamente três métodos de amortização do imobilizado:

- Método das amortizações constantes;
- Método das amortizações progressivas;
- Método das amortizações regressivas.

As amortizações, sendo consideradas custos não desembolsáveis, permitem uma economia fiscal graças à redução da matéria colectável. Cada método de amortização influenciará de forma diferente o VAL de um mesmo projecto de investimento.

É preferível pagar menos impostos no futuro próximo, embora os impostos dos últimos anos se agravem. Assim, deve amortizar-se tão depressa quanto possível, dentro dos limites impostos pela legislação em vigor.

VAL(Regressivas) > VAL(Constantes) > VAL(Progressivas)

Preços Constantes vs. Preços Correntes

Existem dois métodos fundamentais de valorização das diferentes rubricas dos cash flows previsionais, na avaliação de projectos de investimentos:

- a preços constantes (sem inflação);
- a preços correntes (com inflação).

Faz-se a avaliação a preços constantes quando se pressupõem que os preços relativos dos bens e serviços vendidos e comprados não variam ao longo da vida do projecto, isto é, todos os preços mantêm-se constantes, não havendo, portanto, influência da taxa de inflação.

A análise a preços constantes é aconselhada quando existe uma taxa de inflação reduzida.

Avalia-se a preços correntes quando se considera a evolução real esperada dos preços de todas as rubricas.

Assim, há que fazer a previsão da inflação em todos os momentos futuros do projecto. A análise a preços correntes é uma tarefa difícil e arriscada.

No entanto, deve avaliar-se a preços correntes quando:

- a taxa de inflação é elevada;
- os preços de algumas rubricas evoluem a taxas diferentes ao longo dos anos.

A avaliação a preços constantes sobreavalia o projecto, tornando o VAL superior ao de um projecto avaliado a preços correntes. Isto deve-se ao facto da avaliação a preços correntes inflacionar todas as rubricas excepto as amortizações.

VAL (Preços constantes) > VAL (Preços correntes)

Autoria: Jorge Caldeira